М. Дз. Лісаў

БАТАНІКА З АСНОВАМІ ЭКАЛОГІІ

М. Дз. Лісаў

БАТАНІКА З АСНОВАМІ ЭКАЛОГІІ

Дапушчана Міністэрствам адукацыі
Рэспублікі Беларусь у якасці
вучэбнага дапаможніка для студэнтаў
па спецыяльнасці "Педагогіка
і методыка пачатковага навучання"
вышэйшых навучальных устаноў

Мінск
"Вышэйшая школа"
1998

УДК [581 + 574] (075.8)
ББК 28.5я73
Л63

Рэцэнзенты: кафедра батанікі Беларускага дзяржаўнага універсітэта; кафедра батанікі і заалогіі Гродзенскага дзяржаўнага універсітэта імя Я. Купалы

Лісаў М. Дз.

Л63 Батаніка з асновамі экалогіі: Вучэб. дапам. — Мн.: Выш. шк., 1998. — 338 с.: іл.
ISBN 985-06-0138-8.

Ад аналагічных выданняў, якія выйшлі раней, гэты вучэбны дапаможнік адрозніваецца паслядоўнасцю размяшчэння матэрыялу. Пасля ўводзін і разгляду будовы раслiннай клеткі апісваюцца спачатку асаблівасці будовы, жыццядзейнасці і роля ў прыродзе і жыцці чалавека даядзерных арганізмаў (бактэрыі і цыянабактэрыі), бесхларафільных ядзерных (грыбы), лішаёў, а потым водарасці і вышэйшыя расліны. Такі парадак, на погляд аўтара, мае пэўную перавагу, паколькі адлюстроўвае натуральны ход эвалюцыі і дае магчымасць назіраць паступовыя змены розных груп жывых істот. У заключных раздзелах разгледжаны асновы экалогіі і агульныя заканамернасці складвання раслінных супольніцтваў.

Для студэнтаў спецыяльнасці «Педагогіка і методыка пачатковага навучання» педагагічных вышэйшых і сярэдніх спецыяльных навучальных устаноў. Можа быць выкарыстаны настаўнікамі біялогіі.

УДК [581+574](075.8)
ББК 28.5я73

ISBN 985-06-0138-8

© М. Дз. Лісаў, 1998
© Выдавецтва «Вышэйшая школа», 1998

АД АЎТАРА

Вучэбны дапаможнік прызначаны студэнтам факультэта педагогікі і методыкі пачатковага навучання педагагічных універсітэтаў і інстытутаў.

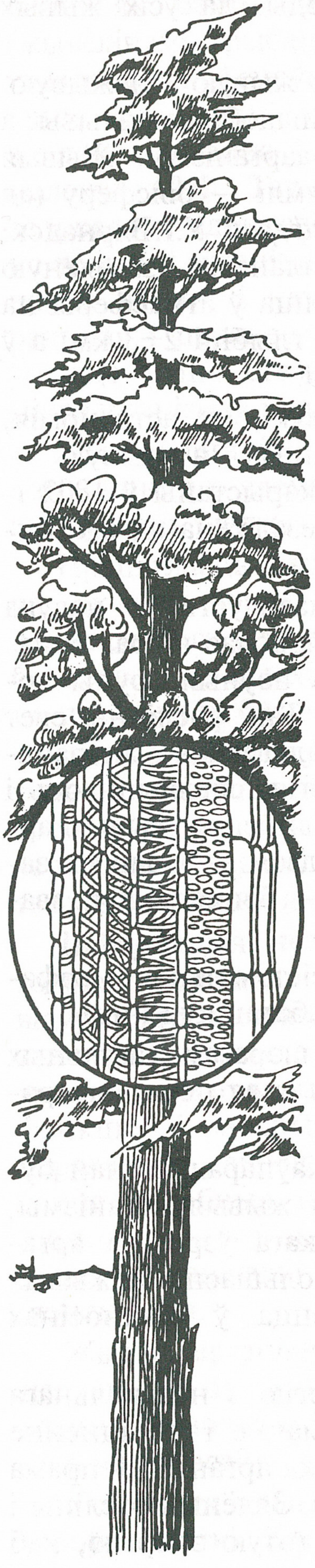
Курс батанікі з асновамі экалогіі адыгрывае важную ролю ў падрыхтоўцы настаўнікаў пачатковых класаў, так як разам з курсамі заалогіі, агульнага землязнаўства і краязнаўства фарміруе асноватворныя веды аб прыродзе і яе кампанентах, іх будове, узаемасувязях паміж жывымі кампанентамі і нежывой прыродай. Курс спрые фарміраванню навуковага светапогляду студэнтаў і рыхтуе іх да выкладання прыродазнаўства ў школе. Апошняя акалічнасць вельмі істотная ў падрыхтоўцы будучых настаўнікаў. Роля вывучэння прыродазнаўства ў пачатковай школе ўзрастае, таму што менавіта ў гэтым узросце пачынаюць фарміравацца асабістыя адносіны дзіцяці да прыроды, у тым ліку і да яе жывой часткі, разуменне таго, што жыццё любой істоты — самая вялікая каштоўнасць на Зямлі. І такія адносіны да навакольнага асяроддзя, любоў да роднага краю, яго біялагічнай разнастайнасці і багацця можа сфарміраваць толькі пісьменны настаўнік, які ў гэты перыяд жыцця дзіцяці з'яўляецца самым аўтарытэтным чалавекам.

Неабходна адзначыць, што назва вучэбнага дапаможніка як адпаведнага курса даволі ўмоўная і з'яўляецца данінай усталяваных традыцый. Гістарычна аб'ектамі даследавання батанікі былі не толькі расліны, але і бактэрыі (пракарыёты), і грыбы (бесхларафільныя эўкарыёты), якіх адносілі да ніжэйшых раслін. У апошнія дзесяцігоддзі бактэрыі і грыбы вылучылі ў самастойныя царствы жывых арганізмаў, і такім чынам яны да раслін не адносяцца і не з'яўляюцца аб'ектамі вывучэння батанікі, але традыцыйна пакуль што разглядаюцца ў межах батанічных дысцыплін.

Вучэбны дапаможнік некалькі адрозніваецца ад аналагічных выданняў (якія выдаваліся амаль 20 гадоў таму) паслядоўнасцю размяшчэння матэрыялу. Пасля ўводзін і разгляду будовы расліннай клеткі апісваюцца асаблівасці будовы, жыццядзейнасці і роля ў прыродзе і жыцці чалавека даядзерных арганізмаў (бактэрыі і цыянабактэрыі), бесхларафільных ядзерных (грыбы), лішаёў, а потым даследуюцца водарасці і вышэйшыя расліны. Такі парадак, на наш погляд, мае пэўную перавагу, паколькі адлюстроўвае натуральны ход эвалюцыі і дае магчымасць назіраць паступовыя змяненні пэўных груп жывых істот. Набліжэнне па часе вывучэння анатоміі, марфалогіі і сістэматыкі вышэйшых

раслін садзейнічае цэласнаму ўспрыманню гэтай групы арганізмаў. У заключных раздзелах дапаможніка разглядаюцца асновы экалогіі і самыя агульныя заканамернасці ўтварэння раслінных супольніцтваў.

Аўтар выказвае ўдзячнасць рэцэнзентам — прафесару кафедры батанікі Беларускага дзяржаўнага універсітэта С.А. Шуканаву і дацэнту той жа кафедры М.А. Лемязе, дацэнту кафедры батанікі і заалогіі Гродзенскага дзяржаўнага універсітэта імя Я. Купалы Т.А. Сялевіч, а таксама загадчыку кафедры беларускага моваўнаўства дацэнту Беларускага дзяржаўнага педагагічнага універсітэта імя М. Танка П.А. Міхайлаву за каштоўныя парады і заўвагі, выказаныя пры падрыхтоўцы рукапісу да друку.



УВОДЗІНЫ

Усё, што акружае чалавека, што з'яўляецца натуральнымі ўмовамі яго існавання, называецца прыродай. Чалавек – таксама частка прыроды і прама ці ўскосна ўздзейнічае на навакольнае асяроддзе.

Роля прыроды ў жыцці чалавецтва вельмі вялікая і шматгранная. Прырода забяспечвае існаванне чалавека як біялагічнага віду і з'яўляецца крыніцай яго духоўнага дабрабыту; аказвае ўплыў на фарміраванне характару, інтарэсаў, на эстэтычныя пачуцці, маральнасць і фізічную дасканаласць чалавека.

Прырода з'яўляецца невычэрпнай крыніцай пазнання.

Пэўны час свайго гістарычнага існавання чалавек знаходзіўся ў гармоніі з прыродай. Але ў апошнім стагоддзі ўзаемадзеянне грамадства і прыроды адбываецца ў такіх шырокіх маштабах, што ў якасці адной з глабальных агульначалавечых праблем сучаснасці ўзнікаюць так званыя экалагічныя праблемы. Гэтыя праблемы звязаны з пагаршэннем уласцівасцей асяроддзя, што акружае чалавека, у выніку індустрыялізацыі і ўрбанізацыі яго вобраза жыцця, спусташэння традыцыйных энергетычных і сыравінных рэсурсаў, парушэння натуральных экалагічных балансаў, знішчэння асобных відаў жывёльнага і расліннага свету, адмоўных генетычных вынікаў забруджвання прыроды адходамі гаспадарчай дзейнасці чалавека. Выхад з гэтага становішча – разуменне істотнасці ўзаемаадносін паміж элементамі прыроды, з аднаго боку, і чалавекам – з другога. Такое разуменне магчыма толькі пры дасканалым вывучэнні прыроды і пазнанні законаў яе развіцця,

фарміраванні беражлівых адносін да прыроды, да ўсіх жывых істот.

Прырода нашай планеты падзяляецца на жывую і нежывую. *Нежывая прырода* — гэта мінералы, вада, газападобныя рэчывы, а *жывая* — жывёліны, расліны, грыбы, мікраарганізмы. Жывыя арганізмы займаюць пэўную вобласць на Зямлі — біясферу (ад грэч. bios — жыццё і sphaira — шар). *Біясферай* У.І.Вярнадскі (1863–1945) назваў паверхневую частку планеты, заселеную жыццём. Верхняя мяжа біясферы размяшчаецца ў атмасферы на вышыні 20–25 км; ніжняя — у літасферы на глыбіні 2–3 км; а ў акіяне (гідрасфера) — на глыбіні 7 км і больш.

Нежывую прыроду даследуюць такія навукі, як астраномія, фізіка, хімія, геалогія, землязнаўства і іншыя, а жывую — біялогія. Тэрмін «біялогія» ўпершыню быў скарыстаны ў 1802 г. французскім натуралістам Ж.Б.Ламаркам і незалежна ад яго нямецкім батанікам Г.Р.Трэвіранусам.

Біялогія ў цяперашні час, як і ўсё прыродазнаўства, — навука складаная і мае комплексны характар. Яна ўключае шэраг самастойных прыватных навук, якія даследуюць пэўныя групы арганізмаў і асобныя бакі праяўлення жыцця. Так, раслінны свет вывучае батаніка; жывёльны — заалогія; чалавека — антрапалогія, анатомія і фізіялогія; грыбы — мікалогія; спадчыннасць і зменлівасць арганізмаў — генетыка; узаемаадносіны жывых арганізмаў паміж сабой і з навакольным асяроддзем — экалогія; заканамернасці рассялення раслін і жывёлін — біягеаграфія; эвалюцыю — эвалюцыйнае вучэнне і г.д.

У сваю чаргу батаніка падзяляецца на сістэматыку, марфалогію, анатомію, эмбрыялогію, фізіялогію, геабатаніку і інш.

Усе жывыя арганізмы вызначаюцца шэрагам агульных уласцівасцей, якія ў сукупнасці адрозніваюць іх ад нежывога рэчыва.

Жывыя арганізмы характарызуюцца высокаўпарадкаванай будовай. Хімічныя рэчывы, з якіх пабудаваны жывыя арганізмы, больш складаныя і дасягаюць больш высокага ўзроўню арганізацыі, чым рэчывы, з якіх складаецца большасць нежывых сістэм. Хімічная арганізацыя адлюстроўваецца ў суадносінах структуры і функцыі любога арганізма.

Усе жывыя арганізмы атрымліваюць энергію з навакольнага асяроддзя і выкарыстоўваюць яе на падтрыманне і ўзмацненне сваёй высокай упарадкаванасці. Значная частка арганізмаў прама або ўскосна выкарыстоўвае сонечную энергію. Зялёныя расліны і цыянабактэрыі (аўтатрофы) скарыстоўваюць гэтую энергію, каб сінтэзаваць з неарганічных рэчываў арганічныя, што спажыва-

юцца як самімі раслінамі, так і ўсімі іншымі арганізмамі (жывёлінамі, грыбамі, большасцю бактэрый), якія з'яўляюцца гетэратрофамі. Асноўная маса арганічных рэчываў, што спажываюцца арганізмамі, выкарыстоўваецца ў якасці крыніцы энергіі, якая вызваляецца ў працэсе дыхання і назапашваецца ў выглядзе малекул АТФ. Такім чынам, паміж арганізмамі і навакольным асяроддзем адбываецца абмен рэчывамі, які вядзе да змяненняў не толькі ў арганізме, але і ў асяроддзі. У выніку абмену рэчываў паміж жывой і нежывой прыродай ажыццяўляецца кругаварот рэчываў і перанос энергіі ад аднаго арганізма да другога, што ўрэшце рэшт стварае ўмовы для існавання раслін, жывёлін, мікраарганізмаў і чалавека на нашай планеце.

Жывыя арганізмы актыўна рэагуюць на навакольнае асяроддзе і змяненні яго элементаў. Яны здольныя перамяшчацца, змяняць актыўнасць і хуткасць метабалічных працэсаў і інш.

Працягласць жыцця ў кожнага арганізма абмежаваная, у той час як віды жывых арганізмаў існуюць параўнальна доўга. Захаванне любога віду раслін, жывёлін, грыбоў і мікраарганізмаў забяспечваецца шляхам размнажэння. Размнажэнне можа дасягацца палавым ці бясполым спосабам.

Для арганізмаў уласцівыя рост і развіццё. Жывыя істоты растуць за кошт пажыўных рэчываў, якія яны атрымліваюць у працэсе аўтатрофнага або гетэратрофнага жыўлення. У выніку асіміляцыі рэчываў утвараецца новы жывы пратапласт. Пры гэтым адбываюцца якасныя змяненні арганізмаў — іх развіццё.

Інфармацыя, неабходная кожнаму арганізму для таго, каб выжыць, развівацца і размнажацца, перадаецца ад кожнага індывідуума яго нашчадкам. Гэтая інфармацыя ўтрымліваецца ў генетычным матэрыяле (храмасомах) арганізма. Генетычны матэрыял вызначае магчымыя межы развіцця арганізма, яго структур, функцый і рэакцый на навакольнае асяроддзе. Гэты матэрыял перадаецца нашчадкам дадзенага арганізма, таму нашчадкі звычайна падобныя на сваіх бацькоў. У той жа час генетычная інфармацыя ўсё ж некалькі змяняецца і таму бацькоўскія арганізмы і нашчадкі бываюць падобныя адзін да аднаго, а не ідэнтычныя.

Жывыя арганізмы адаптаваныя да асяроддзя існавання. Яны цалкам (і ў асобных органах) добра адпавядаюць свайму вобразу жыцця. Асаблівасці будовы і функцый арганізма, што адпавядаюць яго спосабу жыцця, называюцца *адаптацыямі*.

Усе гэтыя агульныя ўласцівасці жывога можна вызначыць на ўзроўні клеткі. Клетачная будова цела жывых істот — адна з асноўных агульных уласцівасцей кампанентаў жывой прыроды.

Клетка — гэта найпрасцейшая адзінка арганізма, яго будовы, развіцця і ўсёй жыццядзейнасці.

Жывыя істоты Зямлі маюць доўгую эвалюцыйную гісторыю. Узрост Зямлі вызначаецца прыкладна ў 4,5 млрд гадоў. Самыя старажытныя выкапнёвыя знаходкі параўнальна простых арганізмаў маюць узрост каля 3,6 млрд гадоў.

Згодна з сучаснымі эвалюцыйнымі тэорыямі (А. І. Апарын, Дж. Б. С. Халдэйн і інш.), лічыцца, што першыя прымітыўныя клеткі ўтварыліся ў ходзе паслядоўных выпадковых здарэнняў. Верагодна, спачатку на Зямлі панавала атмасфера аднаўляльнага характару, у склад якай уваходзілі азот, вуглякіслы газ, вадарод, серавадарод, аміяк, пары вады і метан. У той жа час кісларод, які цяпер складае 21 % атмасферы, адсутнічаў да таго часу, пакуль не з'явіліся фотасінтэзуючыя жывыя арганізмы. Такім чынам, першыя этапы эвалюцыі жывога звязаны з анаэробным (бескіслародным) асяроддзем.

Згодна з сучаснымі канцэпцыямі паходжання жыцця, з газаў атмасферы пад уплывам розных відаў энергіі (электрычных разрадаў, сонечнага святла, хімічнай і інш.) узніклі спачатку простыя арганічныя рэчывы, а потым і больш складаныя, накшталт асноўных кампанентаў біялагічных структур. Гэтыя рэчывы раствараліся ў вадзе, якая пакрывала ўсю Зямлю. Такім чынам, першасны акіян ператварыўся ў раствор гэтых рэчываў.

Некаторыя арганічныя малекулы маюць тэндэнцыю збірацца разам. У першасным акіяне, магчыма, гэтыя скопішчы набылі форму кропель, падобных да тых, што ўтварае алей у вадзе. Такія кроплі, па ўсёй верагоднасці, і былі папярэднікамі прымітыўных клетак — першых формаў жывога. Для такіх самых простых структур характэрныя першасны метабалізм, рост і нават падзел.

Па меры павелічэння колькасці прымітыўных гетэратрофаў запас складаных малекул, што быў утвораны за мільёны гадоў, пачаў вычэрпвацца. Арганікі за межамі клетак заставалася ўсё менш, і паміж клеткамі пачалася канкурэнцыя. Пад яе ўплывам клеткі, якія змаглі эфектыўна выкарыстоўваць абмежаваныя крыніцы энергіі, атрымалі ў параўнанні з іншымі болей шанцаў выжыць. З цягам часу ў выніку доўгай маруднай элімінацыі найменш прыстасаваных арганізмаў узніклі арганізмы, здольныя ўтвараць уласныя, багатыя на энергію малекулы з простых неарганічных рэчываў. Гэта былі першыя аўтатрофы. Здольнасць сінтэзаваць арганічныя рэчывы вызваліла іх ад канкурэнцыі за гатовую арганіку.

Найбольшы поспех набылі аўтатрофы, у якіх узнікла сістэма для непасрэднага выкарыстання сонечнай энергіі, г. зн. фота-

сінтэзу. Першыя фотасінтэзуючыя арганізмы былі намнога прасцей за сучасныя расліны, але ўжо больш складаныя, чым прымітыўныя гетэратрофы. Для паглынання і выкарыстання сонечнай энергіі спатрэбіліся асобая пігментная сістэма і спалучаная з ёй сістэма назапашвання гэтай энергіі ў сувязях арганічных малекул.

Па меры павелічэння колькасці аўтатрофаў змяняліся рысы планеты. Гэта было звязана з тым, што ў працэсе фотасінтэзу з вады шляхам яе раскладання выдзяляўся кісларод, запасы якога аказалі істотны ўплыў на далейшую эвалюцыю жыцця на Зямлі.

Па-першае, частка кіслароду ў знешнім пласце атмасферы пад уплывам касмічных прамянёў пераўтварылася ў азон, які пачаў паглынаць ультрафіялетавыя прамяні сонечнага святла. Гэта дало магчымасць выжываць арганізмам, абароненым азонавым пластом ад згубнага ультрафіялетавага выпраменьвання каля паверхні вады і на сушы.

Па-другое, павелічэнне колькасці малекулярнага кіслароду зрабіла магчымым больш эфектыўна выкарыстоўваць багатыя на энергію вугляродутрымліваючыя малекулы, што ўтвараліся ў ходзе фотасінтэзу, пры расшчапленні і акісленні іх. Як вядома, пры акісленні энергіі выдзяляецца прыкладна ў 18 разоў больш, чым пры браджэнні.

Да таго як атмасфера насыцілася кіслародам і стала аэробнай, існавалі толькі пракарыятычныя клеткі, у якіх генетычны матэрыял не быў арганізаваны ў храмасомы і адсутнічала ядзерная абалонка. Усе арганізмы, што існавалі на Зямлі 1,5 млрд гадоў таму, з'яўляліся гетэратрофнымі або аўтатрофнымі бактэрыямі.

Згодна з палеанталагічным летапісам, павелічэнне канцэнтрацыі вольнага кіслароду суправаджалася з'яўленнем першых эўкарыятычных клетак, для якіх характэрны ядзерная абалонка, складаныя храмасомы і арганоіды, абмежаваныя мембранамі.

Эўкарыятычныя арганізмы, асобныя клеткі якіх звычайна буйнейшыя за бактэрыяльныя, узніклі каля 1,5 млрд гадоў таму, а шматлікімі і разнастайнымі сталі прыкладна 1 млрд гадоў таму.

У пратэразойскую эру (гл. табл. 1) эвалюцыйны ствол найстаражытных эўкарыётаў падзяліўся на некалькі галін, ад якіх узніклі мнагаклетачныя водарасці, а таксама грыбы і жывёліны. Большасць першасных водарасцей вольна плавала ў марской вадзе (дыятомавыя, залацістыя), частка прымацоўвалася да дна.

Табліца 1. **Эвалюцыя раслін**

Эры	Перыяды	Пачатак (млн гадоў таму)	Развіццё раслiннага свету
1	2	3	4
Кайназойская (новага жыцця)	Чацвярцічны	2	Раслінны свет набывае сучасны выгляд; фарміруюцца супольніцтвы, якія існуюць у цяперашні час
	Трацічны	66	Панаванне пакрытанасенных раслін; захоўваецца значная колькасць груп, што ўзніклі ў мелавым перыядзе. Склад флоры блізкі да сучаснай; у канцы перыяду ўзнікаюць тайга і тундра
Мезазойская (сярэдняга жыцця)	Мелавы (Мел)	136	Рэзка скарачаецца колькасць папарацепадобных і голанасенных; узнікаюць першыя пакрытанасенныя расліны
	Юрскі (Юра)	195	Шырока распаўсюджаны папарацепадобныя і голанасенныя; узнікае батаніка-геаграфічная занальнасць
	Трыясавы (Трыяс)	230	Распаўсюджаны папарацепадобныя, хвошчападобныя, дзеразападобныя; вымiраюць насенныя папараці
	Пермскі (Перм)	280	Знікаюць лясы каменнавугальнага перыяду — вымiраюць дрэвападобныя папараці, хвашчы, дзярэзы. Лясы з насенных папарацей пакрываюць паўднёвы масіў мацерыковай сушы. У паўночных шыротах развіваецца больш разнастайная раслiннасць. Распаўсюджваюцца хвойныя расліны
Палеазойская (старажытнага жыцця)	Каменнавугальны (Карбон)	345	Росквіт споравых раслін; узнікаюць першыя хвойныя расліны
	Дэвонскі (Дэвон)	400	Росквіт і вымiранне псiлафiтаў. Узнікненне асноўных груп споравых раслін: дзеразападобных, хвошчападобных, папарацепадобных, першых прымітыўных голанасенных (насенныя папараці)
	Сілурыйскі (Сілур)	435	У канцы перыяду — выхад раслін на сушу — узнікненне псілафітаў
	Ардовікскі (Ардовік)	490	Росквіт водарасцей
	Кембрыйскі (Кембрый)	570	Дывергентная эвалюцыя водарасцей; узнікненне мнагаклетачных формаў

1	2	3	4
Дакембрый: Пратэразойская		2600	Распаўсюджаны пераважна аднаклетачныя зяленыя водарасці і бактэрыі
Архейская		3500	Узнікненне жыцця на Зямлі (з простых неарганічных рэчываў утварыліся складаныя арганічныя злучэнні, якія далей арганізуюцца ў біяпалімеры, узнікаюць першыя клеткі – пачатак біялагічнай эвалюцыі). Сляды жыцця нязначныя. Знойдзены рэшткі анаэробных аўтатрофных папярэднікаў цыянабактэрый, бактэрый, зялёных водарасцей

Істотнай умовай далейшай эвалюцыі раслін было ўтварэнне глебавага субстрату на паверхні сушы ў выніку ўзаемадзеяння бактэрый і цыянабактэрый з мінеральнымі рэчывамі пад уплывам кліматычных фактараў. У канцы сілурыйскага перыяду глебаўтваральныя працэсы падрыхтавалі магчымасць выхаду раслін на сушу (440 млн гадоў таму). Сярод раслін, што першымі засвоілі сушу, былі рыніяфіты.

Ад рыніяфітаў узніклі іншыя групы наземных сасудзістых раслін: дзярэзы, хвашчы, папараці, якія размнажаліся спорамі і аддавалі перавагу ўвільготненаму асяроддзю. Прымітыўныя супольніцтвы гэтых раслін былі шырока распаўсюджаны ў дэвоне. У гэты ж перыяд ад старажытных папарацей узніклі першыя голанасенныя. Пераход да ўтварэння насення даў гэтым раслінам вялікую перавагу ў параўнанні з іншымі, паколькі вызваліў палавы працэс ад неабходнасці воднага асяроддзя. Эвалюцыя вышэйшых наземных раслін пайшла па шляху ўсё большай рэдукцыі гаплоіднага пакалення (гаметафіта) і перавагі дыплоіднага пакалення (спарафіта).

Значнай разнастайнасці дасягнула наземная флора ў каменнавугальным перыядзе. Сярод дрэвападобных формаў былі пашыраны дзеразападобныя. У палеазойскіх лясах багата прадстаўлены дрэвападобныя папараці і хвашчы.

У мезазойскай эры росквіту дасягаюць голанасенныя, у прыватнасці хваёвыя. У сярэдзіне пермскага перыяду клімат зрабіўся больш сухім, што адбілася на змяненні ў складзе флоры. Зніклі гіганцкія папараці, дрэвападобныя дзярэзы, каламіты.

У мелавым перыядзе адбыўся наступны зрух у эвалюцыі раслін: з'явіліся кветкавыя (пакрытанасенныя). Першыя іх прад-

стаўнікі былі кустоўем або нізкарослымі дрэвамі з дробным лісцем. Потым даволі хутка кветкавыя дасягнулі вялікай разнастайнасці формаў са значнымі памерамі і буйным лісцем. Апыленне насякомымі і двайное апладненне спрыялі значнай перавазе кветкавых над голанасеннымі, што забяспечыла іх росквіт у кайназоі.

Паралельна з раслінамі адбывалася эвалюцыя пракарыётаў, бактэрый, грыбоў і жывёл.

КАРОТКАЯ ГІСТОРЫЯ РАЗВІЦЦЯ БАТАНІКІ

Усебаковае вывучэнне расліннага свету Зямлі ажыццяўляе вялікая многагаліновая навука аб раслінах – батаніка.

Тэрмін «батаніка» паходзіць ад грэч. botanē – трава, зяляніна, расліна. Гэтая навука вывучае вонкавую і ўнутраную будову раслін, іх рост і развіццё, размнажэнне, жыццядзейнасць, пашырэнне, узаемаадносіны з навакольным асяроддзем, распрацоўвае сістэматыку раслін, даследуе структуру і развіццё раслінных згуртаванняў і інш.

Звесткі пра расліны вядомы з глыбокай старажытнасці. Людзі спачатку назапашвалі веды пераважна аб тых раслінах, што давалі ядомыя плады, насенне, сцёблы і карэнішчы, а далей і аб тых, што выкарыстоўваліся ў лячэнні, для вырабу тканіны, пабудовы жылля і інш. У VI–V ст. да н. э. чалавек пераходзіць ад збору карысных раслін у прыродзе да штучнага развядзення некаторых з іх. Каб адрозніць расліны адну ад другой, чалавек надае ім назвы.

За тысячагадовую гісторыю чалавецтва назапашаны пэўныя веды аб раслінах і іх уласцівасцях. Абагульненне такіх першапачатковых разрозненых ведаў прывяло да ўзнікнення батанікі.

Першыя запісаныя звесткі аб раслінах дайшлі да нашых дзён у сачыненнях грэчаскіх класікаў IV–III ст. да н.э. – Арыстоцеля і яго вучня Тэафраста, якога лічаць заснавальнікам батанікі. Тэафраст зрабіў першую ў гісторыі навукі спробу класіфікаваць расліны. Ён падзяліў іх на дрэвы, кустоўе, паўкустоўе і травы, а травы ў сваю чаргу на мнагагодкі, двухгодкі і аднагодкі. У «Натуральнай гісторыі», якую склаў Пліній Старэйшы (23–79 н.э.), утрымліваюцца звесткі пра тысячы раслін з пераважна карыснымі ўласцівасцямі. Да канца XVII ст. гэтая праца была асноўнай крыніцай ведаў для батанікаў.

У развіцці батанікі XV–XVIII ст. з'яўляюцца перыядам «першапачатковай інвентарызацыі» раслін. У гэты час былі сфармуляваны асноўныя паняцці марфалогіі, з'явілася навуковая тэрмі-

налогія, распрацаваны прынцыпы і метады класіфікацыі раслін і створаны першыя сістэмы расліннага свету, якія будаваліся штучна на аснове адной або некалькіх адвольна абраных прыкмет (знешняя будова пэўных органаў, выкарыстанне раслін чалавекам і інш.). Такія сістэмы ў далейшым пачалі называць штучнымі. Напрыклад, італьянскі батанік XVI ст. А.Чэзальпіна (1519–1603) у аснову класіфікацыі раслін паклаў асаблівасці будовы пладоў, колькасць і размяшчэнне насення ў іх. Найбольш дасканалая штучная сістэма таго часу была створана шведскім натуралістам К. Лінеем (1707–1778). У рабоце «Віды раслін» (1761) ён апісаў 7540 відаў, якія належалі да 1260 родаў. К. Лінней прызнаваў рэальнае існаванне відаў і сцвярджаў, што яны пастаянныя і нязменныя.

На працягу XVII–XVIII ст. назапашаны багаты фактычны матэрыял, выяўлены некаторыя агульныя заканамернасці ў будове і функцыях арганізмаў. Прадпрымаецца спроба высветліць агульныя заканамернасці ўтварэння раслінных формаў. У 1759 г. К.Ф. Вольф (1734–1794) апісаў узнікненне органаў у кончыку парастка. Нямецкі паэт і прыродазнаўца І.В. Гётэ (1749–1832) у 1790 г. залажыў асновы новай дысцыпліны — тэарэтычнай марфалогіі раслін.

Было сабрана шмат фактаў, якія сведчылі аб існаванні цеснай сувязі раслін з навакольным асяроддзем, аб іх прыстасаванні да ўмоў існавання. Пачалі назапашвацца звесткі аб зменлівасці арганізмаў пад уплывам змен ва ўмовах жыцця, а таксама аб заканамернай змене формаў жыцця на працягу мінулых геалагічных перыядаў.

У прыродазнаўстве гэтага перыяду панавалі метафізічныя погляды, якія асабліва яскрава праявіліся ва ўяўленні аб нязменнасці відаў.

Першая палова XIX ст. — гэта перыяд крызісу метафізічнага светапогляду ў прыродазнаўстве, апора на даследчае, прыродазнаўчанавуковае пазнанне.

Гэты перыяд характарызуецца каласальнымі поспехамі батанікі. Аформіліся або ўзніклі новыя раздзелы батанікі — фізіялогія і анатомія раслін (Ж. Сенеб'е, Ю. Сакс, Ю. Лібіх, М. Шлейдэн), эмбрыялогія (Л.С. Цэнкоўскі, Г. Моль, М.І. Жалязноў), геаграфія раслін, экалогія і геабатаніка (А. Гумбальдт, О. Дэкандоль, А. Дэкандоль), вучэнне аб водарасцях, грыбах і іншых арганізмах (Л.С. Цэнкоўскі, М.С.Варонін), палеабатаніка (В.Г. Фішэр) і інш. Па сутнасці, менавіта ў XIX ст. батаніка прымае сучасны выгляд. Але не толькі назапашванне фактаў характэрна для XIX ст. Былі створаны абагульняльныя тэорыі, ся-

род якіх у першую чаргу трэба адзначыць тэорыю клетачнай будовы арганізмаў (Т. Шван, 1839) і тэорыю эвалюцыйнага развіцця (Ч. Дарвін, 1859). Гэтыя тэорыі ў многім садзейнічалі крушэнню поглядаў метафізікі. Даныя, назапашаныя рознымі батанічнымі навукамі ў першай палове XIX ст., а таксама клетачная тэорыя сведчылі аб адзінстве арганічнага свету, аб агульнасці яго паходжання; сабраны фактычны матэрыял сведчыў таксама аб зменлівасці арганізмаў, што супярэчыла ўяўленню аб нязменнасці і пастаянстве відаў.

Эвалюцыйнае вучэнне Ч. Дарвіна (1809—1882), кніга якога «Паходжанне відаў шляхам натуральнага адбору» была апублікавана ў 1859 г., нанесла бязлітасны ўдар па метафізічных, ідэалістычных і рэлігійных поглядах на мэтазгоднасць у прыродзе. Да 1859 г. мэтазгодная будова арганізмаў разглядалася як праяўленне мудрасці Бога, які стварыў свет у закончаным і дасканалым выглядзе. Ч. Дарвін тлумачыў мэтазгоднасць як натуральны вынік працяглай прыстасавальнай эвалюцыі арганізмаў.

Пасля ўсталявання эвалюцыйнай тэорыі перад біялогіяй узніклі новыя задачы. Марфолагі не маглі абмежавацца толькі апісаннем арганізмаў. Іх асноўная задача зводзілася цяпер да высвятлення шляхоў і прычын, пад уплывам якіх гістарычна скла-ліся арганізмы.

Працы Э. Страсбургера, Ф. ван Тыгема, Э. Джэфры ляглі ў аснову эвалюцыйнай анатоміі і эвалюцыйнай марфалогіі. Эвалюцыйную фізіялогію развівалі А.С. Фамінцын (1835—1918) і К.А. Ціміразеў (1843—1920). Вялікую ролю адыграла вывучэнне выкапнёвых рэштак раслін, якія рэальна сведчылі аб вымерлых звеннях эвалюцыі.

Неабходна адзначыць яшчэ дзве абагульняльныя біялагічныя ідэі, распрацаваныя ў XIX ст., якія істотна дапамаглі ўмацаванню эвалюцыйных поглядаў, паколькі яны падкрэслівалі ўсеагульныя сувязі і развіццё ў прыродзе. Па-першае, марфолагі і анатамы вывучалі клеткі і тканкі ў індывідуальным развіцці, назіраючы іх утварэнне ў маладых парастках і каранях. У 1849—1851 гг. В. Гафмейстэр (1824—1877) падрабязна апісаў цыклы развіцця споравых і насенных раслін і даказаў іх прынцыповае падабенства. Былі таксама даследаваны працэсы апладнення і ўтварэння зародкаў у кветкавых раслін С. Г. Навашыным (1857—1930).

Па-другое, усё больш умацоўвалася ўпэўненасць, што расліны трэба вывучаць у іх узаемасувязі з навакольным асяроддзем. У самым пачатку XIX ст. А. Гумбальдт (1769—1859) залажыў асновы геаграфіі раслін, а ў канцы стагоддзя В.В. Дакучаеў (1846—1903) і яго вучні распрацавалі вучэнне аб прыродных зонах. Таксама ў

канцы XIX ст. былі сфармуляваны асноўныя палажэнні фітацэналогіі і экалогіі (Й. Вармінг, А.М. Бекетаў, Г.Р.А. Грызебах, І.К.Пачоскі, П.А.Костычаў і інш.).

Бурным развіццём біялогіі характарызуецца XX ст. Буйныя навуковыя дасягненні ў гэтай вобласці звязаны з распрацоўкай і шырокім прымяненнем новых метадаў і сродкаў даследавання, заснаваных на дасягненнях фізікі, хіміі, матэматыкі, тэхнікі. Акрамя параўнальнага, гістарычнага і эксперыментальнага метадаў, якія ўключаюць збор і складанне калекцый, назіранне ў прыродзе і ва ўмовах спецыялізаваных лабараторый, матэматычную апрацоўку атрыманай інфармацыі, выкарыстоўваюцца электронная мікраскапія, метад мечаных атамаў, культуры клетак і тканак. У батанічных даследаваннях знаходзяць прымяненне цыталагічныя, эмбрыялагічныя і біяхімічныя метады, метады храматаграфіі, цытафотаметрыі, сучасныя хімічныя, фізічныя і кібернетычныя метады.

У XX ст. разам з узмацненнем дыферэнцыяцыі біялагічных навук, узнікненнем новых галін ведаў (генетыка, малекулярная біялогія, радыебіялогія і інш.) развіваюцца комплексныя дысцыпліны.

Значных поспехаў дасягнулі эксперыментальныя раздзелы біялогіі (фізіялогія, біяхімія, мікрабіялогія, генетыка). Была расшыфравана малекулярная будова хларафілу, бялкоў, нуклеінавых кіслот і інш. Працягваюць інтэнсіўна развівацца марфалогія і сістэматыка раслін, якія займаюцца даследаваннем морфагенезу, разнастайнасці жыццёвых формаў (К. Гебель, А.А. Уранаў, К. Раункіер, І.Г. Серабракоў, У.Л. Камароў, А. Энглер, Л.І. Курсанаў, А.А. Яленкін, А.Л. Тахтаджан, Б.М. Коза-Палянскі і інш.).

Вялікае значэнне для сусветнай навукі мае вучэнне М.І.Вавілава аб цэнтрах паходжання культурных раслін і геаграфічных заканамернасцях у размеркаванні іх спадчынных прыкмет. У выніку арганізаваных ім экспедыцый сабраны вельмі каштоўны шматлікі фонд сусветных раслінных рэсурсаў.

Працягваюцца даследаванні па вывучэнні праблем эвалюцыі, віду, відаўтварэння і сістэм унутрывідавых катэгорый (М.І. Вавілаў, М.К. Кальцоў, К.М. Завадскі, Е.Г. Баброў, В. Грант і інш.).

У галіне анатоміі раслін звяртаецца ўвага на вывучэнне пытанняў, якія маюць непасрэднае значэнне ў практыцы сельскай гаспадаркі, лесаводстве, пладаводстве і садоўніцтве. Гэта асабліва праяўляецца ў працах М. П. Крэнке, В. Г. Аляксандрава, В. М. Арцыхоўскага і інш.

Вельмі хутка ў другой палове XX ст. развіваюцца мікрабіялогія, экалогія, радыебіялогія і іншыя галіны біялагічнай навукі.

БАТАНІЧНЫЯ ДАСЛЕДАВАННІ НА БЕЛАРУСІ

На Беларусі батанічныя даследаванні пачынаюцца з сярэдзіны XVIII ст. У гэты час пераважаюць фларыстычныя даследаванні апісальнага характару, якія выконваліся часцей за ўсё асобнымі даследчыкамі.

У 1773 г. акадэмік Пецярбургскай акадэміі навук І.І. Ляпёхін спецыяльнай батанічнай экспедыцыяй паклаў пачатак вывучэнню флоры Беларусі. Экспедыцыя праходзіла праз Магілёў, Гомель, Оршу, Віцебск. У справаздачы аб ёй быў прыведзены спіс 400 відаў раслін. Гербарый, сабраны гэтай экспедыцыяй, да цяперашняга часу захоўваецца ў Інстытуце батанікі Акадэміі навук Украіны.

У сярэдзіне XVIII ст. у г. Гродне заснаваны медыцынская школа і інстытут павівальнага мастацтва, галоўным кіраўніком якіх быў І.Э.Жылiберт (1741—1814). Ім пры гэтых установах створаны першы на Беларусі батанічны сад, значную частку якога складалі віды мясцовай флоры. У 1775 г. медыцынскія школы былі пераведзены ў Вільню і разам з імі ў 1781 г. І.Э. Жылiберт перавёз усе рэдкія расліны, якія знаходзіліся ў батанічным садзе ў Гродне. Такім чынам быў заснаваны яшчэ адзін батанічны сад. І.Э. Жылiберт з'яўляецца адным з першых даследчыкаў флоры Літвы і Беларусі. Яго кніга «Флора Літвы» выходзіла ў свет двума выданнямі: у 1781—1782 гг. і ў 1785 г. У другім выданні апісаны 910 кветкавых і 215 відаў спаравых раслін. Сярод іх значную частку складалі віды Беларусі.

Батанічны сад, заснаваны І.Э. Жылiбертам, быў невялічкі і не задавальняў патрэб навукі. Таму ў 1799 г. С.Б. Юндзіл (1761—1847) заснаваў новы батанічны сад у Вільні. Яшчэ ў 1791 г. ён надрукаваў першую сур'ёзную працу «Апісанне раслін у правінцыі Вялікага княства Літоўскага», у якой ахарактарызаваў шэраг відаў лекавых раслін Беларусі, Літвы і Польшчы з указаннем іх ужывання. Другое выданне кнігі выйшла ў 1811 г. У 1802 г. С.Б. Юндзіл надрукаваў першы каталог раслін Віленскага батанічнага саду, які ўключаў 1072 віды, а ў 1824 г. іх было ўжо 6565. С.Б. Юндзіл, які працаваў з 1792 па 1824 г. прафесарам прыродазнаўчых навук Віленскага універсітэта, з'яўляецца таксама аўтарам падручніка «Прыкладная батаніка» (1799).

У 1823 г. В.Г. Бесер (1784–1842) склаў найбольш поўныя для таго часу спісы раслін Вільні, Літвы (у тым ліку і Беларусі), Падоліі, падмацаваныя гербарным матэрыялам. Ён выкладаў заалогію і батаніку ў Крымянецкім ліцэі. Пры ліцэі быў батанічны сад, які з 1809 па 1831 г. узначальваў В.Г. Бесер. Ён узбагаціў калекцыі саду, у якім у 1823 г. налічвалася 12 000 відаў раслін. Па ініцыятыве В.Г. Бесера рознымі калектарамі (у асноўным настаўнікамі павятовых школ) быў распачаты збор гербарыя, які ўлючаў расліны з наваколля Мінска, Слуцка, Драгічына, Мазыра.

У 1830 г. адначасова выйшлі ў свет дзве абагульняльныя батанічныя працы – прафесараў Віленскага універсітэта Э.Эйхвальда і І.Юндзіла. Кніга Э.Эйхвальда «Прыродазнаўчагістарычны эскіз Літвы, Валыні і Падоліі ў геагнастычных, мінералагічных, батанічных і заалагічных адносінах» шырокага навуковага профілю. Звесткі аб флоры Валыні і Падоліі і Э.Эйхвальд, і І.Юндзіл запазычылі ў В.Г. Бесера. Спісы раслін Літвы і Беларусі – вынік іх уласных збораў і даследаванняў. Э.Эйхвальд прыводзіць 1951 від раслін: 1918 кветкавых, 25 папарацепадобных і 8 водарасцей. У кнізе І. Юндзіла «Апісанне раслін у Літве, на Валыні, Падоліі і Украіне – дзікарослых і асвоеных» прыведзены 1671 від кветкавых, 26 папарацепадобных, 161 від імхоў, 89 лішаёў, 310 грыбоў, 38 водарасцей.

А.Ф.К. Фішэр даследаваў флору наваколля Слуцка; у яго публікацыі, надрукаванай у Швейцарыі ў 1843–1844 гг., прыведзены спіс 572 відаў раслін.

У 1842–1855 гг. надрукавана «Флора Расіі» К.Ф. Ледэбура, прафесара Дэрпцкага (Юр'еўскага) універсітэта, у якой падведзены вынік усіх фларыстычных даследаванняў і якая дапоўніла флору Беларусі (у прыватнасці, Мінскай губерні) новымі відамі.

У другой палове XIX ст. апублікаваны спісы раслін Магілёўскай, Мінскай, Віцебскай і Гродзенскай губерняў. Пачалося вывучэнне флоры Палесся. У 1850 г. ваенны ўрач, вандроўнік, даследчык флоры еўрапейскай часткі тагачаснай Расіі Э.Э.Ліндэман апублікаваў спісы раслін, сабраных ім у Чарнігаўскай, Магілёўскай, Мінскай і Гродзенскай губернях. Для Мінскай губерні прыведзены 663 віды, для Магілёўскай – 546, для Гродзенскай – 742 віды.

Флору Магілёўскай губерні даследаваў выкладчык Магілёўскай гімназіі Н.В. Доўнар-Звалінскі ў 1855–1858 гг. У 1861–1862 гг. ён апублікаваў вынікі фларыстычнай працы. У прыведзеным ім спісе пералічана 865 відаў кветкавых і споравых раслін.

Магілёўскія фларысты натураліст Р.Х. Паба і выкладчык прыродазнаўства Магілёўскай жаночай гімназіі К.А. Чалоўскі ў 1853–1855 гг. распачалі выданне эксікатаў флоры Магілёўскай губерні; у чатырох цэнтурыях было апісана 400 відаў раслін. Але, на жаль, гэтае выданне давесці да канца даследчыкам не давялося.

У 1883 г. надрукавана работа В.В. Пашкевіча «Нарыс кветкавых раслін Мінскай губерні, у якой на аснове абагульнення дадзеных папярэдніх даследчыкаў і ўласных збораў апісваецца 958 відаў раслін.

У другой палове XIX ст. пачынаецца вывучэнне Палесся ў сувязі з яго асваеннем. У 1873–1899 гг. на Палессі працуе Заходняя экспедыцыя па асушэнні балот пад кіраўніцтвам І.І. Жылінскага. У гэты ж час праводзяцца фрагментарныя фларыстычныя даследаванні асобных раёнаў Палесся.

Першыя картаграфічныя матэрыялы пашырэння шэрага відаў раслін Польшчы, Паўночна-Заходняй Украіны і Беларусі прыведзены ў рабоце К. Лапчынскага. Гербарныя зборы, падрыхтоўку і публікацыю спісаў найбольш распаўсюджаных і рэдкіх раслін Палесся ажыццяўляе М. Твардоўская.

Першай абагульненай манаграфічнай зводкай з'явілася «Флора Палесся і прылеглых мясцовасцяў», надрукаваная ў 1901 г. І.К. Пачоскім, польскім батанікам, які працаваў у Расіі. У аснову гэтай работы пакладзены значны крытычна апрацаваны матэрыял па флоры Палесся: гербарый, рукапісныя і апублікаваныя працы В.Г. Бесера і А.Г. Раговіча, удакладненыя літаратурныя даныя іншых даследчыкаў, а таксама вынікі ўласных пяцігадовых даследаванняў.

Арыгінальнымі даследаваннямі таго часу былі работы па вывучэнні ўплыву асушэння і арашэння на структуру раслін (А.І. Ваейкаў, Г.І. Танфільеў, А.Х. Якабсан).

Па выніках вывучэння расліннасці ў поймах рэк Палесся былі напісаны геабатанічныя нарысы, апісаны фларыстычны склад шмат якіх месцаў Палесся (У.С. Дактуроўскі, А.Ф. Флёраў).

У гэты перыяд з'явілася першая праца, прысвечаная Белавежскай пушчы («Характарыстыка Белавежскай пушчы і гістарычныя даныя аб ёй» Н.К. Генка), працы аб лясах Беларусі (А. Крудэнер, Н.Нікіцін).

Акрамя фларыстычных даследаванняў, у канцы XIX – пачатку XX ст. вывучаліся таксама некаторыя пытанні дэндралогіі, селекцыі і вырошчвання сельскагаспадарчых раслін. Гэтыя даследаванні звязаны з дзейнасцю Горы-Горацкага земляробчага інстытута (заснаваны ў 1848 г. на месцы Земляробчай школы; існаваў да 1863 г., пасля чаго быў пераведзены ў Пецярбург).

Найбольш вядомыя працы І.А. Сцебута па агратэхніцы палявых культур, М.В. Рытава, К.Г. Рэнарда па вывучэнні садоўніцтва на Беларусі. Э.Ф. Раго, прафесар Горы-Горацкага земляробчага інстытута, у 1853 г. выдае «Дапаможнік па вывучэнні садоўніцтва і агародніцтва», які вытрымаў чатыры выданні.

Х.І. Гербаноўскі ў 1848 г. для наваколля Горы-Горацкага земляробчага інстытута праводзіць класіфікацыю ўсіх раслін на лясныя, лугавыя, палявыя, балотныя і водныя.

Біялогія і развядзенне мясцовых лекавых раслін вывучаюцца на доследнай станцыі пад Магілёвам (з 1910 г.); культуры злакаў і лубіну — на Беняконскай сельскагаспадарчай станцыі (з 1910 г.). Калекцыі раслін створаны ў Вялікалятчанскім батанічным садзе (каля Віцебска), батанічным садзе ў Горы-Горках.

Такім чынам, да 20-х гадоў XX ст. батанічныя даследаванні на Беларусі мелі пераважна апісальны характар. Якасна новы этап яны набываюць у сувязі з арганізацыяй цэнтраў беларускай навукі: у 1919 г. аднаўляецца Горы-Горацкі земляробчы інстытут (з 1925 г. — Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія); у 1921 г. адкрываецца прыродна-гістарычнае аддзяленне ў БДУ, Інстытут сельскай і лясной гаспадаркі (1922—1925), Інстытут беларускай культуры (Інбелкульт, 1922), які ў 1929 г. пераўтвараецца ў Акадэмію навук Беларусі. Развіццю батанічнай навукі, як і ўсёй біялогіі, спрыяла дзейнасць сельскагаспадарчых і іншых навучальных устаноў.

Галоўнымі накірункамі ў батанічных даследаваннях сталі абследаванне раслінных рэсурсаў і ацэнка магчымасцей іх выкарыстання.

У 1923—1928 гг. праведзены дзве батанічныя экспедыцыі пад кіраўніцтвам М.І. Кузняцова. Экспедыцыі ставілі мэтай батаніка-геаграфічнае і спорава-фларыстычнае вывучэнне: першая — Мінскай і Слуцкай акруг, другая — геабатанічнае даследаванне Мінскай, Бабруйскай і Барысаўскай акруг. Абагульняльнай працай па агульных заканамернасцях размяшчэння расліннасці і пашырэння асобных відаў стала кніга «Склад флёры Беларусі і геаграфічнае пашырэнне паасобных раслінных відаў» В.С. Палянскай (1931). Агульныя звесткі аб балотнай расліннасці Палесся прыведзены С.М. Цюрэмнавым, лугавой — М.Е. Баранавай.

У 1931 г. у сістэме Акадэміі навук Беларусі адкрыўся першы на Беларусі навукова-даследчы інстытут, які спецыялізаваўся на праблемах біялогіі. Гэта Інстытут біялагічных навук з батанічным садам і заалагічным музеем. У практыку батанічных даследаванняў пачынаюць укараняцца эксперыментальныя метады.

У пачатку 20-х гадоў М.М. Гайдукоў распачаў даследаванні па фізіялогіі раслін, Ц.М. Годнеў – па праблемах фотасінтэзу, М.В. Рытаў і У.У. Вінер – па генетыцы і селекцыі сельскагаспадарчых культур; В.Ф. Купрэвіч, М.А. Дарожкін, С.М. Тупяневіч распачалі сістэматычнае вывучэнне грыбоў. Г.М. Высоцкі і В.Г. Касаткін даследавалі важнейшыя пытанні экалогіі раслін. М.П.Тамін арганізаваў планамерныя даследаванні ў галіне ліхеналогіі.

У гэты ж час грунтоўна вывучаюцца таксама водарасці (В.Дз. Акімава), імхі (С.М. Цюрэмнаў, А.П. Підоплічка), вышэйшыя водныя расліны, пустазелле, кармавыя, тэхнічныя і лекавыя дзікарослыя расліны (З.М. Дзянісаў, Н.О. Цэтэрман і інш.), лясная, лугавая і балотная расліннасць (Л.І. Яшноў, В.І. Пераход, Д.І. Таўсталес, С.П. Мельнік і інш.). Вяліся даследаванні ў галіне інтрадукцыі раслін (М.Дз. Несцяровіч, С.Д. Георгіеўскі, А.Л. Новікаў), вывучаліся пытанні геабатанікі, палеанталогіі. Да канца 30-х гадоў быў сабраны багаты гербарый раслін Беларусі, які складаў каля 8000 лістоў.

У гады Вялікай Айчыннай вайны батанічныя даследаванні на Беларусі былі перапынены. У той жа час шмат хто з беларускіх навукоўцаў плённа працаваў, знаходзячыся ў эвакуацыі ў розных раёнах былога СССР. Нашы вучоныя бралі актыўны ўдзел у вырашэнні пытанняў, звязаных з павелічэннем сыравінных рэсурсаў, праводзілі мерапрыемствы па павышэнні ўраджайнасці сельскагаспадарчых культур, пашырэнні плошчы іх пасеваў.

Вядомы беларускі генетык акадэмік АН Беларусі А.Р. Жэбрак вывез з Беларусі шэраг каштоўных папуляцый мясцовых гатункаў пшаніцы, правёў іх селекцыю і размножыў.

Вялікае значэнне мелі работы акадэміка АН Беларусі Ц.М. Годнева па захаванні вітамінаў у прадуктах, якія закладваліся на працяглы тэрмін захоўвання.

Акадэмік АН Беларусі Я.К. Аляксееў прымаў актыўны ўдзел у распрацоўцы прыёмаў пасеву і вырошчвання цукровых буракоў ва Узбекістане, дзе гэтая культура ўкаранялася ўпершыню.

Пасля вызвалення Беларусі ад нямецка-фашысцкіх захопнікаў навуковыя даследаванні праводзіліся шырокім фронтам па розных накірунках.

Аднаўленне разбуранай у гады вайны народнай гаспадаркі Беларусі патрабавала далейшага вывучэння прыродных багаццяў рэспублікі з мэтай пошуку новых сыравінных і энергетычных рэсурсаў, што выклікала пашырэнне навуковай тэматыкі, звязанай з запытамі практыкі.

Значныя сілы былі сканцэнтраваны на даследаванні праблем біялагічнай і сельскагаспадарчай навукі. Трэба адзначыць, што ў гэты перыяд па шэрагу накірункаў біялогіі мела месца сур'ёзнае адставанне. Штучна стрымлівалася вырашэнне некаторых важных тэарэтычных пытанняў, асабліва ў галіне генетыкі.

Прапаганда памылковых уяўленняў Т.Д. Лысенкі прынесла біялагічнай навуцы істотную шкоду. Грамадскую мужнасць праявіў у гэтых умовах акадэмік АН Беларусі А.Р. Жэбрак, які адкрыта адхіліў ілжэнавуковыя погляды Т.Д. Лысенкі.

У той жа час па некаторых накірунках біялагічнай навукі былі атрыманы істотныя вынікі. Гэта ў першую чаргу датычыць батанічных даследаванняў.

У 1949 г. пачалося выданне капітальнай працы «Флора БССР». На працягу 10 гадоў выйшла 5 тамоў, у якіх абагульнены шматгадовыя даследаванні беларускіх батанікаў. У «Флоры БССР» дадзена поўная характарыстыка ўсіх відаў сасудзістых раслін з указаннем іх геаграфічнага пашырэння, экалогіі, народнагаспадарчага значэння і магчымых шляхоў рацыянальнага выкарыстання. У стварэнні гэтай працы прымалі ўдзел буйнейшыя батанікі рэспублікі — М.П. Тамін, М.Дз. Несцяровіч, М.А. Дарожкін, Н.О. Цэтэрман, В.А. Міхайлоўская, а таксама такія вядомыя батанікі, як Б.К. Шышкін, Б.А. Федчанка, В.П. Малееў, М.М. Ільын і інш.

У сувязі з асваеннем Палесся былі праведзены спецыяльныя фларыстычныя даследаванні, працягвалася вывучэнне флоры сасудзістых раслін на тэрыторыі ўсёй Беларусі. Вывучаліся асобныя віды раслін і гаспадарча-карысныя групы — лекавыя, кармавыя, дэкаратыўныя, пустазелле, ядавітыя (Н.В. Казлоўская, А.П. Підоплічка, В.А. Міхайлоўская, Е.А. Курганава і інш.). У гэты час была падрыхтавана да друку і выйшла ў свет манаграфія В.А. Міхайлоўскай «Флора Полесской низменности» (1953).

Шырокае развіццё атрымалі геабатанічныя даследаванні лясоў і лясной гаспадаркі, кармавых угоддзяў, інтрадукцыі раслін. Апублікавалі свае працы дырэктар Інстытута лесу (створаны ў 1950 г.) акадэмік АН Беларусі В.І. Пераход («Основы экономики лесоводства», 1957; «Экономическая география лесов БССР», 1958), член-карэспандэнт АН Беларусі І.Д. Юркевіч («Дубравы Белорусской ССР и их восстановление», 1952—1960).

Пад кіраўніцтвам М.Дз. Несцяровіча праводзіцца вялікая работа па вывучэнні і ўкараненні ў зялёнае будаўніцтва і лесагаспадарчую практыку інтрадукаваных дрэў і кустоў, вынікі якой выкладзены ў 3-томнай манаграфіі «Інтродуцированные деревья и кустарники БССР» (1959—1961), М.Дз. Несцяровіч апублікаваў

таксама такія працы, як «Технически ценные древесные породы, внедряемые в леса БССР» (1949, у сааўтарстве з А.Ф. Івановым, Н.І. Чакалінскай), «Акклиматизация древесных растений в зеленом строительстве и лесном хозяйстве БССР» (1950), «Вьющиеся древесные растения для зеленого строительства БССР» (1951, у сааўтарстве з Н.І. Чакалінскай), «Деревья и кустарники для зеленого строительства БССР» (1952, у сааўтарстве з В.П. Малеевым, П.Ф.Лысаконем, М.І. Касцюкевічам).

М.Дз. Несцяровіч правёў таксама вялікую работу па вывучэнні плоданашэння, мінеральнага жыўлення і біялогіі драўняных раслін. Ён апублікаваў манаграфіі «Шишки и семена хвойных древесных растений в БССР» (1953), «Плодоношение интродуцированных древесных растений в БССР» (1955), «Минеральное питание и плодоношение древесных растений» (1957), «Отношение древесных растений к влажности и кислотности почвы» (1966, у сааўтарстве з А.Ф. Івановым, Т.Ф. Дзяругінай, А.В.Панамаровай).

У гэты час апублікаваны буйныя працы ліхенолага М.П. Таміна па флоры лішаёў. У 1956 г. выйшаў у свет яго «Определитель корковых лишайников европейской части СССР». Вызначальнік утрымліваў поўнае апісанне кусцістых, ліставых, накіпных і коркавых лішаёў, знойдзеных на Беларусі.

Пытанням экалогіі, відавога складу і пашырэння лішаёў прысвечаны работы Н.В. Горбач. Крыху пазней, у 1965 г., выйшаў з друку складзены ёй «Определитель лишайников БССР».

Вынікі многагадовых даследаванняў імхоў Беларусі падведзены ў работах А.С. Лазаранкі («Вызначальнік імхоў БССР», 1951) і А.П. Підоплічкі («Флора сфагновых торфяных мхов БССР», 1948). Балоты і балотную расліннасць А.П. Підоплічка вывучае асобна. Вынікі гэтых даследаванняў выкладзены ў манаграфіі «Торфяные месторождения Белоруссии» (1961).

У галіне геабатанікі апублікаваны работы З.М. Дзянісава «Раслінныя згуртаванні поймы р. Проні», Л.Л. Новікава «Геабатанічнае апісанне лугоў з вызначэннем іх гаспадарчага значэння ў аколіцах Віцебска» (1948), акадэміка АН Беларусі С.Г. Скарапанава «Кармавыя ўгоддзі БССР і іх паляпшэнне».

У 1961 г. выйшла брашура «Весенние растения окрестностей Минска» (Н.В. Казлоўская). Праз год з'явілася кніга «Ядовитые и вредные растения» (В.А. Міхайлоўская, Н.В. Казлоўская).

Шырокую вядомасць атрымалі даследаванні прэзідэнта АН Беларусі В.Ф. Купрэвіча ў галіне фізіялогіі хворых раслін і мікалогіі. Яго працы паклалі аснову новаму навуковаму накірунку ў вывучэнні біялагічных уласцівасцей глебы — глеба-

вай энзімалогіі («Физиология больного растения в связи с общими вопросами паразитизма», 1947; «Почвенная энзимология», 1966, у сааўтарстве з Т.А. Шчарбаковай).

Карпатлівую работу праводзілі навукоўцы па аднаўленні калекцыі драўняных і куставых раслін Цэнтральнага батанічнага саду, знішчанай падчас акупацыі амаль цалкам.

Даследаванні ў галіне раслінных пігментаў праводзіў акадэмік Ц.М. Годнеў. Фізіялагічныя даследаванні ў галіне раслінных пігментаў, фотасінтэзу, біяхіміі і жыўлення раслін былі распачаты яшчэ ў даваенны перыяд. Даследаванні Ц.М. Годнева па тэорыі ўтварэння і стане хларафілу ў раслінах шырока вядомы ў свеце. Ц.М. Годнеў упершыню выказаў думку аб першасным фарміраванні парфірыну на ўзроўні лейказлучэнняў, аб наяўнасці генетычнай сувязі ва ўтварэнні хларафілу ў адзінцы аб'ёму хларапластаў і шэраг іншых палажэнняў. Вынікі даследаванняў, якія мелі вялікае тэарэтычнае значэнне, былі абагульнены ў манаграфіі «Строение хлорофилла и методы его количественного определения» (1952). У 1963 г. выйшла другое выданне гэтай кнігі («Хлорофилл, его строение и образование»).

У лабараторыі хларафілу пад кіраўніцтвам Ц.М. Годнева выканана больш за 200 работ па пігментах пластыд (М.М. Ганчарык, А.А. Шлык, Я.П. Ляхновіч, Э.В. Хадасевіч, Э.Ф. Шабельская, Р.М. Ратфарб, Н.К. Акуловіч, А.В. Лешына, Г.А. Ліпская, Л.В. Кахновіч і інш.). Даследаванні па пытаннях абнаўлення хларафілу паспяхова працягваў вучань Ц.М. Годнева А.А. Шлык. Вынікі яго работ вядомы па манаграфіях «Метод меченых атомов в изучении биосинтеза хлорофилла» (1956), «Метаболизм хлорофилла в зеленом растении» (1965) і інш.

У пасляваенныя гады разгортваюцца работы па вывучэнні фізіялогіі і біяхіміі раслін. Пад кіраўніцтвам А.С. Вечара праведзены даследаванні біяхіміі бульбы, вывучаны пластыдны апарат клубняў (А.С. Вечар, М.Ц. Чайка, В.Н. Рашэтнікаў, М.Н. Масны). Вынікі работы А.С. Вечара па вывучэнні пластыд прыведзены ў манаграфіі «Пластиды растений, их свойства, состав, строение» (1961).

А.С. Вечар напісаў вучэбны дапаможнік «Основы физической биохимии» (1966).

Пад кіраўніцтвам М.М. Ганчарыка вывучаны фотасінтэз і адток асімілятаў бульбы (Л.П. Русецкая, М.І. Маршакова), праведзены даследаванні па вывучэнні ўплыву хлору хлорутрымальных угнаенняў на фотасінтэтычны апарат, фотасінтэз, іншыя фізіялагічныя функцыі раслін (М.М. Ганчарык, С.Г. Галакціёнаў, В.М. Іванчанка, М.І. Маршакова, С.А. Мікульская, Т.А. Урба-

новіч і інш.). М.М. Ганчарык апублікаваў вялікую працу «Влияние экологических условий на физиологию культурных растений» (1962).

Пад кіраўніцтвам І.Н. Рахцеенкі завершаны даследаванні эколага-фізіялагічных узаемаадносін у фітацэнозах з мэтай навуковага абгрунтавання перавагі змешаных пасеваў сельскагаспадарчых культур і лясных парод у параўнанні з чыстымі. Гэтыя даследаванні выкладзены ў манаграфіях «Рост и взаимодействие корневых систем древесных пород» (1963), «Корневое питание растений в фитоценозах» (1971).

Вялікія зрухі адбыліся ў развіцці айчыннай біялогіі пасля таго, як у 1963 г. была прынята пастанова «Аб мерах па далейшым развіцці біялагічнай навукі ў Беларускай ССР і ўмацаванні яе сувязі з практыкай». У рэспубліцы значна папоўнена сетка навукова-даследчых біялагічных устаноў, умацавана іх матэрыяльна-тэхнічная база.

У 1963 г. з Інстытута біялогіі АН БССР вылучаны аддзел генетыкі і цыталогіі, які праз два гады стаў Інстытутам генетыкі і цыталогіі, а Інстытут біялогіі, перайменаваны ў Інстытут эксперыментальнай батанікі і мікрабіялогіі, які ў 1966 г. пасля ўтварэння Інстытута мікрабіялогіі перайменаваны ў Інстытут эксперыментальнай батанікі. У 1967 г. статут навукова-даследчага інстытута атрымлівае Цэнтральны батанічны сад. Менавіта гэтыя ўстановы з'яўляюцца асноўнымі цэнтрамі батанічных даследаванняў на Беларусі.

У 1964 г. складзены «Определитель растений Белоруссии». У яго стварэнні ўдзельнічалі М.П. Тамін, В.А. Міхайлоўская, Н.В. Казлоўская, Е.В. Іванова, Р.Т. Пратасевіч, Д.К. Гесь. Ён выйшаў з друку ў 1967 г. У 1965 г. выйшла з друку кніга «Лекарственные растения Белоруссии» (А.Ф. Гамерман, В.А. Міхайлоўская, Н.В. Казлоўская, Г.І. Сяржаніна, В.Г. Мікалаева), якая вытрымала сем выданняў.

У 1969 г. па матэрыялах многагадовых даследаванняў выдадзены «Краткий определитель сорных растений Белоруссии».

У 70—80-я гады беларускія батанікі перайшлі ад агульных фларыстычных даследаванняў да папуляцыйнага і біясістэматычнага вывучэння асобных відаў і іх эколага-геаграфічных груп. Значная ўвага надаецца вывучэнню дынамікі супольніцтваў жывых арганізмаў, біялагічным асновам іх аднаўлення, рацыянальнага выкарыстання і аховы. У гэты перыяд праведзены эколага-біялагічныя даследаванні асобных відаў і распачаты работы па карыялагічным вывучэнні вышэйшых раслін і іх унутрывідавой сістэматыцы, даследаванні генезісу флоры і шляхоў міграцыі

асобных яе элементаў, груп і відаў. Шырока разгарнулася вывучэнне сучасных антрапагенных змен флоры Беларусі і яе асобных частак (В.І. Парфёнаў, Н.В. Казлоўская, Г.А. Кім, Г.В. Вынаеў), выяўленне і культываванне рэдкіх знікаючых відаў, вывучэнне іх экалогіі і біялогіі з мэтай устанаўлення эфектыўнага рэжыму аховы і магчымасцей выкарыстання (М.У. Смольскі, М.А. Кудзінаў, Г.В. Пашына).

У гэты перыяд батанікі распрацоўваюць навуковыя прынцыпы картаграфавання і аховы расліннага покрыва. Даследуюцца ўсе тыпы расліннасці. Гэты накірунак атрымаў абагульненне ў шэрагу грунтоўных манаграфій: «Сероольховые леса и их использование» (1963), «Леса БССР» (для 5-томнай манаграфіі «Леса СССР», 1966), «Болотные леса и их мелиорация» (1969), «Типы и ассоциации еловых лесов» (1971), «Типы и ассоциации ясеневых лесов» (1973), «Биологическая продуктивность типов и ассоциаций сосновых лесов» (1974), «Динамика лугово-болотной флоры и растительности Полесья под влиянием осушения» (1976).

Абагульненае значэнне мае праца «Растительный покров Белоруссии» (1969), дапоўненая «Картой растительности Белорусской ССР». Цыкл гэтых работ выкананы калектывам беларускіх батанікаў (У.С. Адзярыха, Н.А. Бутрыс, В.С. Гельтман, Дз.С. Голад, Е.А. Курганава, В.І. Парфёнаў, П.Я. Пятроўскі, Л.П. Смаляк) пад кіраўніцтвам акадэміка І.Д. Юркевіча. Былі праведзены даследаванні па феналогіі драўняных раслін. У сааўтарстве з Дз.С. Голадам І.Д. Юркевіч напісаў кнігу «Сезонное развитие ели обыкновенной» (1966). Ён жа ў сааўтарстве з В.С. Гельтманам апублікаваў манаграфію «География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии» (1965). За цыкл прац па вывучэнні расліннага покрыва Беларусі вышэйназваным навукоўцам была прысуджана Дзяржаўная прэмія БССР (1972).

У гэты ж час праведзены эксперыментальныя даследаванні прыродных раслінных комплексаў запаведных тэрыторый Беларусі – Бярэзінскага біясфернага і Прыпяцкага запаведнікаў, Налібоцкай пушчы (М.У. Смольскі, Я.А. Сідаровіч, А.В. Бойка).

Значны ўклад у развіццё батанічнай навукі на Беларусі ўнеслі выкладчыкі і навукоўцы вышэйшых навучальных устаноў, і ў першую чаргу БДУ. Тут пад кіраўніцтвам Ц.М. Годнева праводзіліся даследаванні па фізіялогіі раслін (С.В. Калішэвіч, Н.С. Суднік, Л.В. Кахновіч).

Шырока разгорнуты даследаванні ў галіне фітапланктону і водных макрафітаў (Г.Г. Вінберг, В.К. Гаравец і інш.). Пад кіраўніцтвам М.А. Дарожкіна праводзіліся даследаванні ў галіне мікалогіі і фітапаталогіі (З.Н. Кудрашова, А.С. Шуканаў і інш.),

фларыстычныя даследаванні ў Налібоцкай пушчы, ствараліся калекцыі для адкрытага і закрытага грунту для вучэбных мэт.

У БДУ апублікаваны першы вучэбны дапаможнік па марфалогіі раслін — «Курс лабораторных занятий по морфологии растений» (З.Н. Кудрашова, Г.І. Зубкевіч, 1970). У 1988 г. выйшаў з друку дапаможнік «Малый практикум по низшим растениям» (М.А. Лемяза, А.С. Шуканаў).

Анатамічныя даследаванні праводзіліся ў Гомельскім педагагічным інстытуце (з 1969 — Дзяржаўны універсітэт). Тут быў напісаны першы на Беларусі навучальны дапаможнік па анатоміі раслін «Атлас по анатомии растений» (Н.С. Кісялёва, М.В. Шэлухін, 1969), «Анатомия и морфология растений» (Н.С. Кісялёва, 1970).

У Мінскім педагагічным інстытуце (цяпер Беларускі дзяржаўны педагагічны універсітэт) з 60-х гадоў вывучаюцца пытанні рацыянальнага выкарыстання, захавання і пераўтварэння раслінных рэсурсаў. Тут атрыманы унікальны матэрыял пладоваягадных культур на аснове штучнага формаўтварэння, прапанаваны метад ранняй дыягностыкі карысных прыкмет па асаблівасцях морфаанатамічнай будовы (Г.А. Баўтута, Л.Б. Утыра, Э.Ф. Шабельская). Апублікаваны шэраг вучэбных дапаможнікаў па батаніцы: Г.А. Баўтута — «Лабораторный практикум по анатомии и морфологии растений» (1985), Г.А. Баўтута «Учебно-полевая практика по ботанике» (1990) і інш. Батанікі віцебскіх ВНУ (педагагічнага, ветэрынарнага і медыцынскага) унеслі сур'ёзны ўклад у вывучэнне воднай расліннасці (В.П. Мартыненка, М.П. Багданаў), морфаанатамічнай структуры шэрага відаў раслін вобласці (Г.З. Бакаева, Р.М. Піваварава, А.Д. Зіноўева і інш.). На працягу многіх гадоў праводзілася вывучэнне лугоў паўночна-ўсходняй часткі Віцебскай вобласці, распрацоўваліся меры па іх паляпшэнні (падручнік М.Е. Баранавай «Луговодство и пастбищное хозяйство» (1980). Вывучаюцца кармавыя культуры (М.Т. Лупноў, В.С. Паўлаў), лекавыя расліны вобласці.

У цяперашні час батанічныя даследаванні ў рэспубліцы праводзяцца ў Інстытуце эксперыментальнай батанікі імя В.Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, у Цэнтральным батанічным садзе, у Беларускім, Віцебскім, Брэсцкім, Гомельскім дзяржаўных, Беларускім педагагічным і Беларускім тэхналагічным універсітэтах, Горацкай сельскагаспадарчай акадэміі, Бярэзінскім і Прыпяцкім запаведніках, Белавежскай пушчы.

Галоўная задача, што стаіць перад батанікамі краіны, — вывучэнне фларыстычнага складу і асаблівасцей раслін як састаўной

часткі біягеацэнозаў, пазнанне характэрных рыс структуры, функцыянальных уласцівасцей на розных узроўнях арганізацыі і прынцыпаў распрацоўкі асноў рацыянальнага выкарыстання і папаўнення раслінных рэсурсаў, садзейнічанне ахове і ўзбагачэнню зялёнага покрыва Зямлі.

РАЗДЗЕЛЫ БАТАНІКІ

Сучасны стан у развіцці батанікі характарызуецца, з аднаго боку, высокай ступенню яе дыферэнцыяцыі, выдзяленнем новых самастойных, але ўзаемазвязаных паміж сабой дысцыплін, а з другога – сціраннем межаў паміж яе асобнымі галінамі і іх інтэграцыяй. Найбольш важнымі раздзеламі батанікі можна назваць наступныя.

Марфалогія (ад грэч. morphē – форма і logos – слова, вучэнне) – вывучае заканамернасці будовы раслін, іх форму, знешнюю будову органаў і іх відазмяненні. Гэты раздзел таксама называюць структурнай батанікай. Марфалогія ўключае шэраг раздзелаў, марфалагічных па сваёй сутнасці. *Цыталогія* (ад грэч. kytos – клетка) вывучае будову і жыццядзейнасць клетак. *Гісталогія раслін* (ад грэч. histos – тканка) даследуе раслінныя тканкі і іх размеркаванне ў органах раслін. Звычайна ў якасці асобнага раздзела выдзяляюць *анатомію раслін* (ад грэч. anatomē – рассячэнне), якая з дапамогай павелічальных прыбораў вывучае будову раслін; яна ўключае цыталогію і гісталогію. Раздзелам анатоміі лічыцца таксама *гістахімія*, якая з дапамогай мікраскопа і хімічных рэакцый выяўляе размеркаванне розных рэчываў у клетках і тканках.

У якасці аднаго з раздзелаў марфалогіі гістарычна адасобілася *эмбрыялогія раслін*, якая вывучае заканамернасці ўтварэння зародка, яго будову і развіццё.

Фізіялогія раслін даследуе працэсы жыццядзейнасці раслін (абмен рэчываў, рост, развіццё і інш.). Ад фізіялогіі адасобіліся біяхімія і біяфізіка раслін.

Сістэматыка раслін – навука аб разнастайнасці відаў, іх класіфікацыі на аснове паходжання і роднасці.

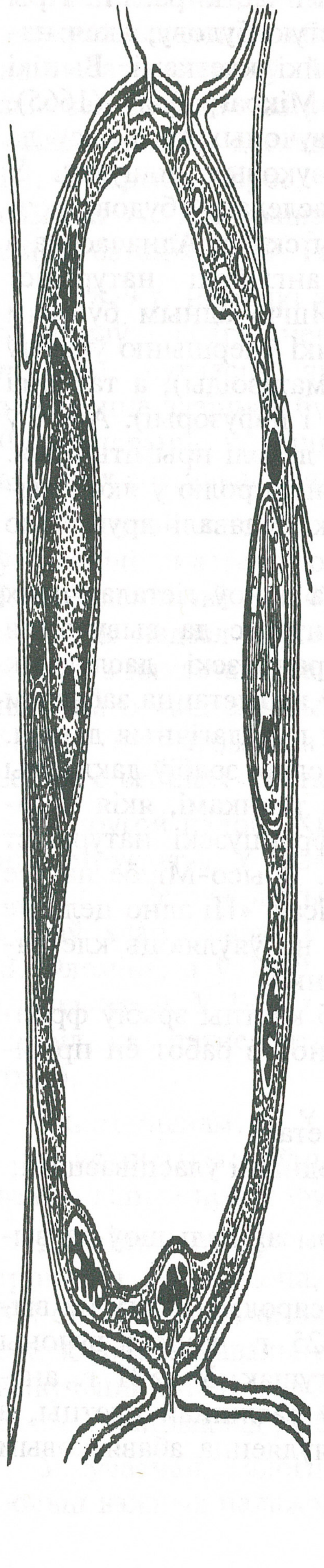
Палеабатаніка вывучае вымерлыя віды раслін па выкапнёвых рэштках.

Фітацэналогія (ад грэч. phyton – расліна і koinos – агульны) вывучае гістарычна складзеныя раслінныя супольніцтвы – фітацэнозы, заканамернасці іх будовы, развіцця, пашырэння, выкарыстання і магчымасці пераўтварэння.

Экалогія (ад грэч. oikos — жыллё) даследуе ўзаемасувязі раслін з навакольным асяроддзем, уплыў апошняга на іх структуру і жыццядзейнасць.

Геаграфія раслін вывучае размеркаванне відаў раслін і фітацэнозаў на паверхні Зямлі ў залежнасці ад клімату, глебы і геалагічнай гісторыі.

Пералічаныя асноўныя раздзелы батанікі не рэзка адасоблены адзін ад другога, і іх выдзяленне ў якасці самастойных навуковых дысцыплін у значнай ступені носіць умоўны характар. Гэта лёгка зразумець, калі ўспомніць, што аб'ектам даследавання з'яўляецца арганізм цалкам; яго форму нельга зразумець, калі не ведаць, якія функцыі такая форма выконвае і як яна прыстасавана да ўмоў існавання. У некаторых выпадках трэба таксама прасачыць, як расліна развіваецца, расце, размнажаецца і г. д. Вылучэнне самастойных дысцыплін батанікі тлумачыцца таксама вельмі багатым фактычным матэрыялам, што назапашаны рознымі раздзеламі, вузкай спецыялізацыяй асобных вучоных у сувязі з каласальным ростам агульнага аб'ёму ведаў і распрацоўкай новых, больш працаёмкіх метадаў даследавання.



КЛЕТКА – СТРУКТУРНАЯ І ФУНКЦЫЯНАЛЬНАЯ АДЗІНКА ЖЫВЫХ АРГАНІЗМАЎ

Клетка – гэта элементарная структурная і функцыянальная адзінка арганізма расліны, грыба або жывёліны. Навука, якая займаецца вывучэннем будовы клеткі і яе функцыянавання, называецца *цыталогіяй* (ад грэч. kytos – клетка і logos – слова, вучэнне). Гэта даволі маладая навука, якая інтэнсіўна развіваецца ў наш час. Цыталогія даследуе дэталі будовы кампанентаў клеткі, яе спадчыннасць, ахоўныя рэакцыі (імунітэт), змяненні пад уплывам навакольнага асяроддзя і інш.

ГІСТОРЫЯ ВЫВУЧЭННЯ КЛЕТКІ

Клеткі і іх структуры ў большасці выпадкаў маюць вельмі малыя памеры, і таму іх адкрыццё і вывучэнне стала магчымым толькі пасля вынаходніцтва павелічальных прыбораў. Першы мікраскоп, на думку адных, быў сканструяваны галандцамі – бацькам і сынам Янсамамі ў 1590 г. Па другіх звестках, першы мікраскоп быў зроблены італьянскім вучоным Г. Галілеем (1609), па трэціх – нямецкім навукоўцам Кеплерам (1617). Па ўсёй верагоднасці, у стварэнні мікраскопа прымалі ўдзел многія вучоныя незалежна адзін ад другога, і гэты прыбор з'явіўся на мяжы XVI і XVII ст.

Прыярытэт у адкрыцці клеткі належыць вядомаму англійскаму натуралісту Р. Гуку, які скарыстаў мікраскоп для вывучэння дробных аб'ектаў. У прыватнасці ён даследаваў пад мікраскопам

тонкія зрэзы корку, а потым і іншыя тканкі і часткі раслін. Пры вывучэнні зрэзаў корку ён выявіў яго ячэістую будову, якая нагадвае пчаліныя соты, і назваў гэтыя ячэйкі клеткамі. Вынікі сваіх назіранняў Р. Гук выклаў у кнізе «Мікраграфія» (1665). Даследаванні Р. Гука выклікалі цікавасць вучоных таго часу да мікраскопа і да яго выкарыстання ў навуковых пошуках. У хуткім часе італьянец М. Мальпігі (1675) даследаваў будову розных органаў раслін і пацвердзіў іх клетачны склад. Адначасова з ім да аналагічных вынікаў прыйшоў англійскі натураліст Н. Гру – аўтар «Анатоміі раслін» (1682). Яшчэ адным буйным мікраскапістам таго часу быў А. Левенгук, які ўпершыню ўбачыў і апісаў клеткі жывёлін (эрытрацыты, сперматазоіды), а таксама адкрыў аднаклетачныя арганізмы (бактэрыі і інфузорыі). Але і ў XVII, і ў XVIII ст. уяўленні аб клетцы былі даволі прымітыўныя: клетка разглядалася як пустая поласць, важную ролю ў якой выконваюць толькі абалонкі. Змесціву клетак надавалі другасную ролю «пажыўнага соку» («раслінная слізі»).

Удасканаленне мікраскопа і распрацоўка асноў гісталагічных методык у пачатку XIX ст. стымулявалі інтарэс да вывучэння клетак і тканак раслін і жывелін. Французскі даследчык Ш. Ф. Брысо-Мірбе (1802, 1808) зноў пачаў карыстацца забытым тэрмінам «клетка». Абапіраючыся на новыя гісталагічныя даныя, ён у кнізе «Ізлажэнне тэорыі арганізацыі раслін» зрабіў дакладны вывад: «Усе раслінныя арганізмы ўтвораны тканкамі, якія складаюцца з клетак». Яшчэ далей пайшоў французскі натураліст Ж. Б. Ламарк, які распаўсюдзіў ідэі Ш. Ф. Брысо-Мірбе на ўсе жывыя сістэмы. У «Філасофіі заалогіі» ён пісаў: «Ні адно цела не можа карыстацца жыццём, калі яго часткі не ўяўляюць клетачнай тканкі або не ўтвораны з клетачнай тканкі».

Рашучы крок у фарміраванні вучэння аб клетцы зрабіў французскі вучоны А. Дзютрашэ. У 1824 г. у адной з работ ён прыйшоў да наступнага:

1) усе жывыя арганізмы пабудаваны з клетак;
2) клеткі жывёлін і раслін валодаюць сходнымі ўласцівасцямі;
3) клеткі ўяўляюць сабой індывідуумы.

Такім чынам, А. Дзютрашэ ў агульных рысах падышоў да вызначэння клетачнай тэорыі.

У пачатку XIX ст. многія даследчыкі засяродзілі ўвагу на вывучэнні ўнутрыклетачнага змесціва. У 1825 г. чэшскі вучоны Я. Пуркіне адкрыў ядро ў яйцаклетцы птушак. У 1831 г. англічанін Р. Броун упершыню апісаў ядро ў раслiннай клетцы, а потым прыйшоў да высновы, што ядро з'яўляецца абавязковым кампанентам раслінных клетак (1833).

Такім чынам, у пачатку XIX ст. былі назапашаны некаторыя канкрэтныя даныя аб клетцы, што дазволіла зрабіць шэраг важных абагульненняў. Меркаванне аб тым, што клетка з'яўляецца асновай арганізацыі раслін і жывёлін у той ці іншай форме, выказалі многія даследчыкі таго часу (французскія — батанік Ш. Ф. Брысо-Мірбе, 1808; батанік і заолаг Ж. Б. Ламарк, 1809; фізіёлаг А. Дзютрашэ, 1824; нямецкі вучоны Г. Моль, 1831; расійскі батанік П. Ф. Гаранінаў, 1834 і інш.).

У 1839 г. нямецкі заолаг Т. Шван на падставе ўласных даследаванняў і абагульнення іншых даных сфармуляваў *клетачную тэорыю,* сутнасць якой заключалася ў тым, што клетка з'яўляецца адзінкай будовы і функцыянавання жывых арганізмаў. Фармуляванне клетачнай тэорыі — адно з найбольш важных навуковых абагульненняў XIX ст.

У другой палове XIX ст. зроблены новыя адкрыцці, якія ўзбагацілі клетачную тэорыю. Дасканалымі даследаваннямі І. Д. Чысцякова (1874), Э. Страсбургера (1875) і іншых вучоных адкрыты падзел клетак і абвергнута ўяўленне аб самазараджэнні клетак з няклетачнага рэчыва. Упершыню ідэя ўзнікнення клетак шляхам іх падзелу была выказана нямецкім урачом Р. Вірхавым (1855). Яна атрымала распаўсюджанне ў выглядзе тэзіса «omnis cellula e cellula»(«клетка ад клеткі»).

У другой палове XIX ст. таксама былі адкрыты новыя клетачныя структуры. У 1854 г. немец Кругер адкрыў бясколерныя пластыды — лейкапласты, а ў 1885 г. нямецкі батанік А. Шымпер апісаў хларапласты і храмапласты. У 1892 г. нямецкі гістолаг В. Флемінг, а ў 1890 г. нямецкі навуковец Р. Альтман адкрылі мітахондрыі. У 1898 г. італьянскі вучоны К. Гольджы адкрыў арганоід, які пазней атрымаў яго імя (апарат, ці комплекс, Гольджы).

Такім чынам, у XIX ст. з дапамогай светлавога мікраскопа былі адкрыты асноўныя структурныя элементы клеткі, назапашваліся даныя пра іх функцыі.

Далейшы прагрэс цыталогіі звязаны з вынаходніцтвам электроннага мікраскопа, які пачалі выкарыстоўваць у сярэдзіне XX ст. З дапамогай электроннага мікраскопа, які мае больш высокую распазнавальную здольнасць, стала магчымым не толькі вывучыць дэталі структуры вядомых кампанентаў, але і адкрыць новыя, напрыклад рыбасомы, сферасомы, мембраны і інш.

У сучаснай біялогіі клетачная тэорыя складаецца з пяці найбольш важных палажэнняў:

1) клетка – асноўная найдрабнейшая адзінка будовы і развіцця ўсіх жывых арганізмаў, г. зн. яна з'яўляецца элементарнай адзінкай жыцця;

2) клеткі ўсіх арганізмаў сходныя па будове, хімічным складзе і больш важных праяўленнях жыццядзейнасці;

3) размнажэнне клетак адбываецца шляхам падзелу матчыных клетак;

4) клеткі мнагаклетачных арганізмаў спецыялізуюцца па функцыях і ўтвараюць тканкі;

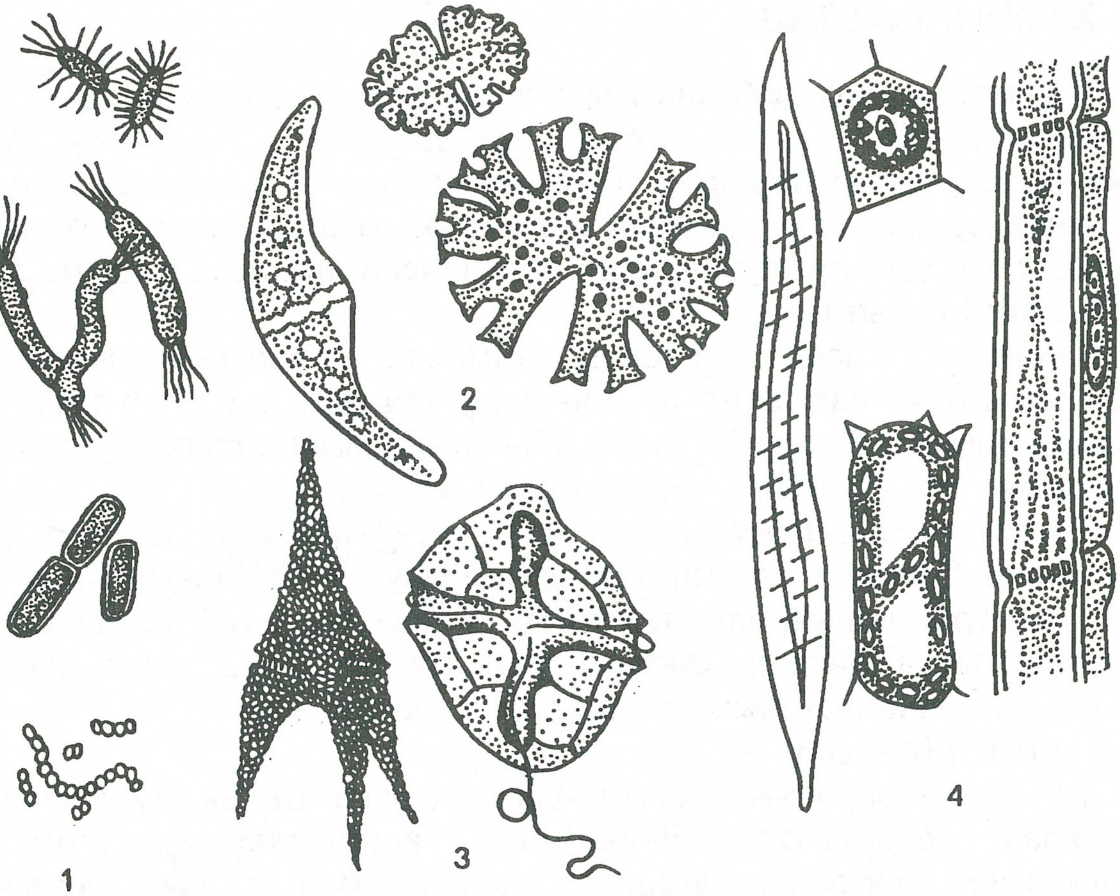
5) клеткі спецыялізаваных тканак фарміруюць органы.

РАЗНАСТАЙНАСЦЬ КЛЕТАК

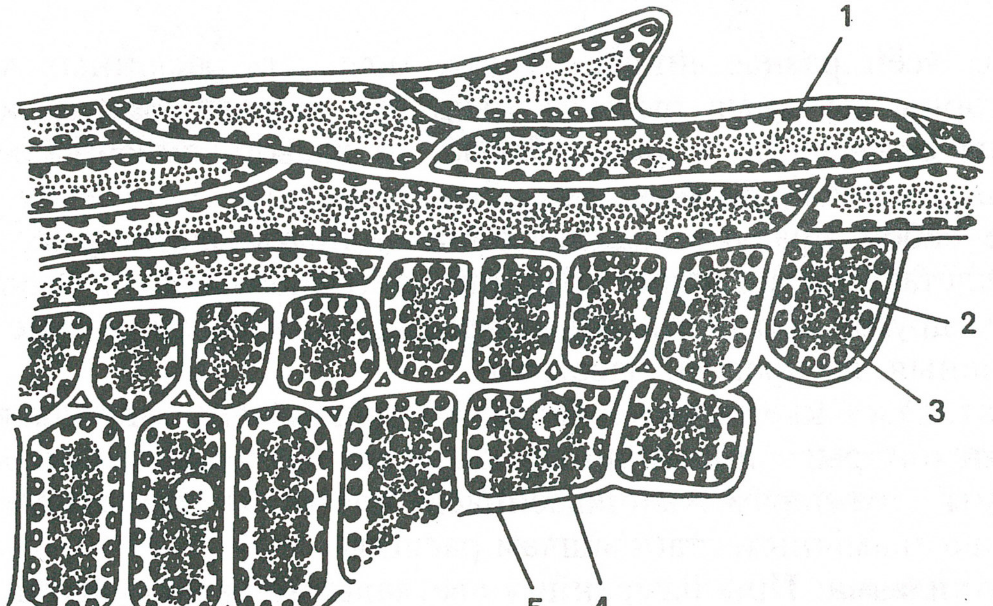
Формы і памеры клетак надзвычай разнастайныя і залежаць ад размяшчэння ў арганізме і функцый, якія яны выконваюць. Часцей за ўсё клеткі маюць форму мнагаграннікаў. Форма клетак, што растуць свабодна, можа быць шарападобнай, таму што гэта больш простая форма, пры якой магчыма раўнамернае паверхневае нацягванне. Але такое назіраецца не заўсёды. Многія адзіночныя клеткі сапраўды маюць шарападобную форму, напрыклад яйцаклеткі, некаторыя водарасці і бактэрыі. Іншыя аднаклетачныя маюць зусім другую форму – зорчатую, цыліндрычную, астэападобную, могуць быць у форме паўмесяца, табліцы і інш. (рыс. 1). У мнагаклетачных арганізмаў клеткі могуць быць цыліндрычнай (напрыклад, клеткі ксілемы), пірамідальнай (збіральныя клеткі мезафілу) і іншай формы.

Усю разнастайнасць клетак можна аб'яднаць у дзве групы: *парэнхімныя клеткі*, даўжыня якіх прыкладна адпавядае шырыні і таўшчыні або перавышае іх не больш як у 2–3 разы, і *празенхімныя клеткі* – даўжыня перавышае шырыню ці таўшчыню ў шмат разоў (рыс. 2).

Большасць клетак мае вельмі дробныя памеры. Сярэдняя даўжыня клетак вышэйшых раслін не перавышае 10–100 мкм. Найбольш буйныя парэнхімныя клеткі дасягаюць у даўжыню некалькіх міліметраў і відаць няўзброеным вокам, напрыклад клеткі кавуна. Але асабліва вялікую даўжыню маюць празенхімныя клеткі сцёблаў ільну, канапель (да 40 мм) і крапівы (да 80 мм). У той жа час клеткі бактэрый вельмі маленькія (у сярэднім 0,5 мкм) і ледзь распазнаюцца ў светлавы мікраскоп, нават пры самым вялікім павелічэнні.



Рыс. 1. Разнастайнасць клетак:
1 — бактэрыяльныя клеткі; *2, 3* — водарасці; *4* — клеткі вышэйшых раслін



Рыс. 2. Клеткі ліста імху:
1 — празенхімныя; *2* — парэнхімныя; *3* — хларапласты; *4* — ядро; *5* — абалонка клеткі

ХІМІЧНЫ СКЛАД

Рэчывы, з якіх пабудаваны клеткі, надзвычай разнастайныя. Больш за ўсё ў клетцы ўтрымліваецца *вады* (60–90 %). Вада з'яўляецца універсальным растваральнікам і забяспечвае нармальнае працяканне рэакцый абмену рэчываў у клетцы. Акрамя вады, у клетцы прысутнічаюць солі і неарганічныя кіслоты (2–6 % сухога рэчыва).

Важнейшае месца ў клетцы займаюць *арганічныя рэчывы*. Іх умоўна можна падзяліць на канстытуцыйныя, якія ўваходзяць у склад арганоідаў клеткі і ўдзельнічаюць у абмене рэчываў, і эргастычныя – прадукты жыццядзейнасці клеткі.

Да *канстытуцыйных рэчываў* належаць бялкі і ліпіды, якія вызначаюць будову і ўласцівасці арганоідаў; нуклеінавыя кіслоты, якія адыгрываюць ролю носьбітаў і перадатчыкаў спадчыннай інфармацыі, а таксама кантралююць абмен рэчываў; вугляводы, якія ўдзельнічаюць разам з біялагічна актыўнымі рэчывамі ў арганізацыі арганоідаў.

Эргастычныя рэчывы могуць быць фізіялагічна актыўнымі, напрыклад ферменты (біялагічныя каталізатары), гармоны (рэгулятары росту і развіцця), запаснымі (часова выведзеныя з абмену рэчываў) або экскрэторнымі (канчатковыя прадукты абмену, катабаліты), а таксама могуць выкарыстоўвацца клеткай у якасці будаўнічага матэрыялу.

БУДОВА КЛЕТКІ РАСЛІН

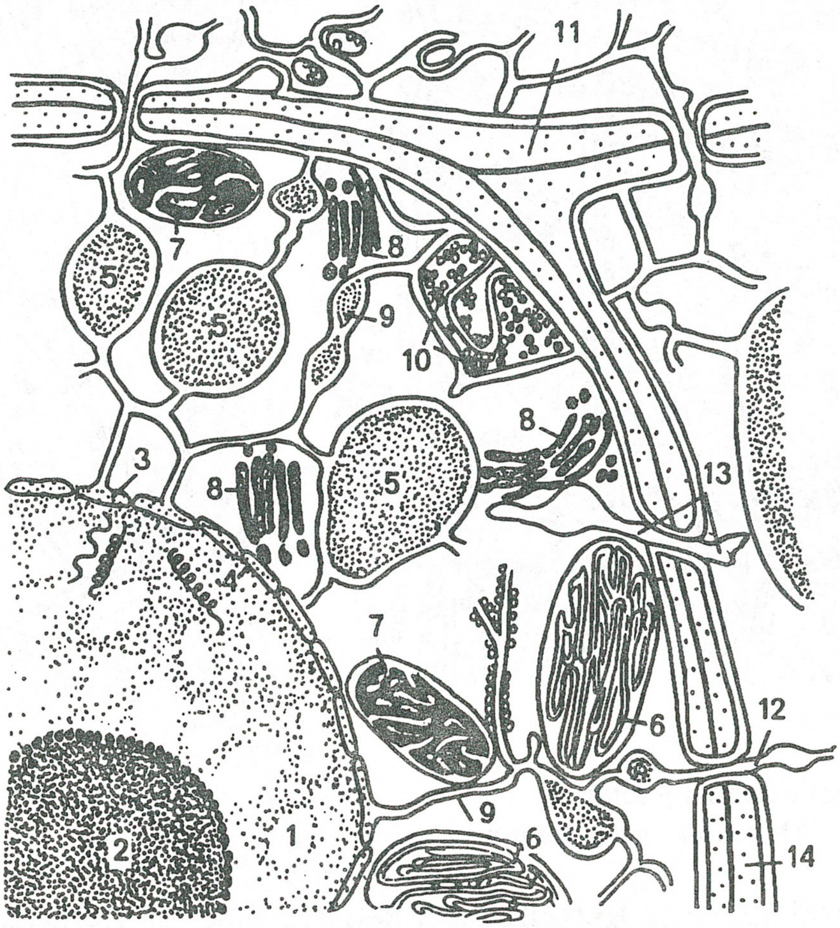
Пры ўсёй разнастайнасці будовы для ўсіх раслінных клетак характэрны агульныя рысы. У тыповым выпадку жывая клетка расліны складаецца з *пратапласта*, ці жывога змесціва клеткі, што ажыццяўляе розныя жыццёвыя працэсы, і *абалонкі*, якая ўяўляе сабой прадукт жыццядзейнасці пратапласта (рыс. 3). У мнагаклетачным арганізме абалонкі клетак шчыльна прылягаюць адна да другой або паміж імі ўтвараюцца *міжклетнікі* – поласці, запоўненыя, як правіла, паветрам.

Пратапласт клеткі падзяляецца на цытаплазму, ядро, пластыды, мітахондрыі і іншыя арганоіды, склад і колькасць якіх абумоўлены характарам жыццядзейнасці клеткі, яе ўзроставым станам, таксанамічным становішчам расліны.

Цытаплазма. Пры назіранні ў светлавы мікраскоп цытаплазма ўспрымаецца як празрыстае бясколернае вадкае асяроддзе, у якім знаходзяцца іншыя арганоіды клеткі. У сапраўднасці яна складаецца з дзвюх фракцый: вадкай, якая называецца *гіялаплазмай, асноўнай плазмай* або *матрыксам цытаплазмы,* і найтанчэйшых,

звязаных паміж сабой канальцаў – *мікратрубачак* і нітак – *мікрафіламентаў*.

Гіялаплазма ўяўляе сабой калоідны раствор розных высокамалекулярных злучэнняў, у першую чаргу бялкоў. Яе вязкасць залежыць ад знешніх умоў. Гіялаплазма звычайна знаходзіцца ў стане золя (нявязкая), але золь можа пераходзіць у гель (вязкая гіялаплазма); магчымы і зваротны пераход.

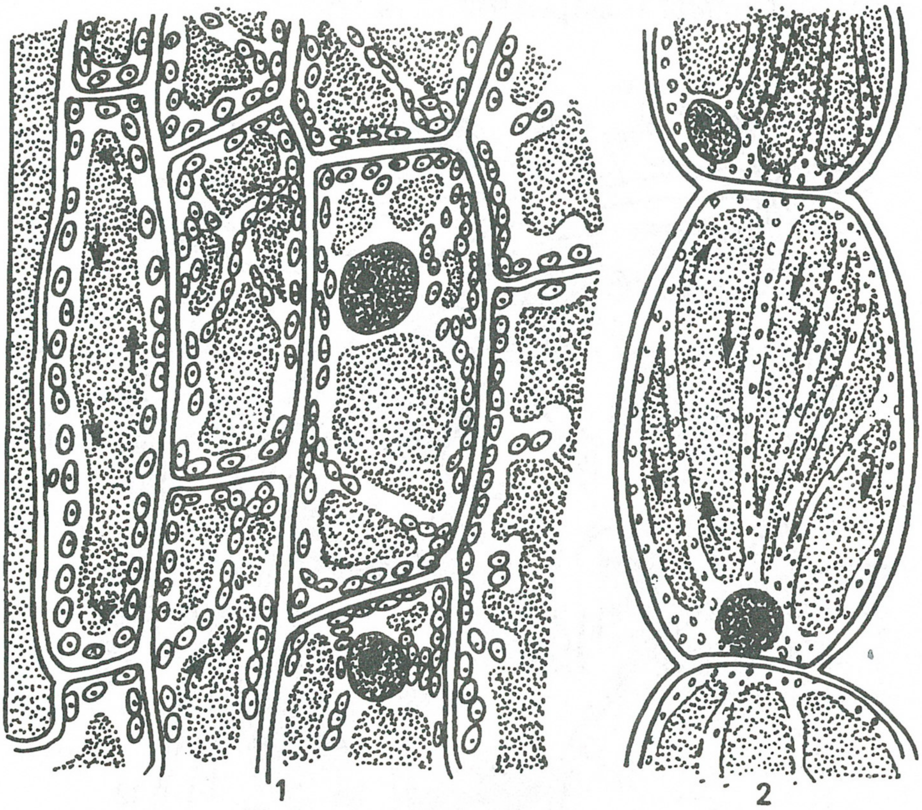


Рыс. 3. Раслінная клетка пад электронным мікраскопам (схема):
1 — ядро; *2* — ядзерка; *3* — ядзерная абалонка; *4* — ядзерная пора; *5* — вакуолі; *6* — хларапласты; *7* — мітахондрыі; *8* — комплекс Гольджы; *9* — гладкі эндаплазматычны рэтыкулум; *10* — шурпаты эндаплазматычны рэтыкулум з рыбасомамі; *11* — клетачная абалонка; *12* — пора ў клетачнай абалонцы; *13* — плазмадэсмы; *14* — пасярэдняя пласцінка

Мікратрубачкі і мікрафіламенты цытаплазмы складаюцца з малекул бялкоў – *тубуліну* і *акціну*. Сістэма мікратрубачак і мікрафіламентаў выконвае ролю ўнутрыклетачнага каркаса. Яна вельмі дынамічная, пры змяненні ўмоў можа распадацца і пры гэтым адбываецца рух гіялаплазмы. Рух гіялаплазмы можа быць *кругавым* – уздоўж сценак клеткі, калі ў цэнтры яе знаходзіцца адна вялікая вакуоля, і *струменістым* – вакол некалькіх невялікіх вакуоляў у розных накірунках (рыс. 4). Хуткасць перамяшчэння цытаплазмы залежыць ад тэмпературы, інтэнсіўнасці асвятлення,

забеспячэння кіслародам і іншых фактараў. Пры перамяшчэнні разам з гіялаплазмай рухаюцца і арганоіды.

Гіялаплазма ажыццяўляе ўзаемасувязь паміж арганоідамі, удзельнічае ў абмене рэчываў і іх транспарце, перадачы раздражнення і інш.

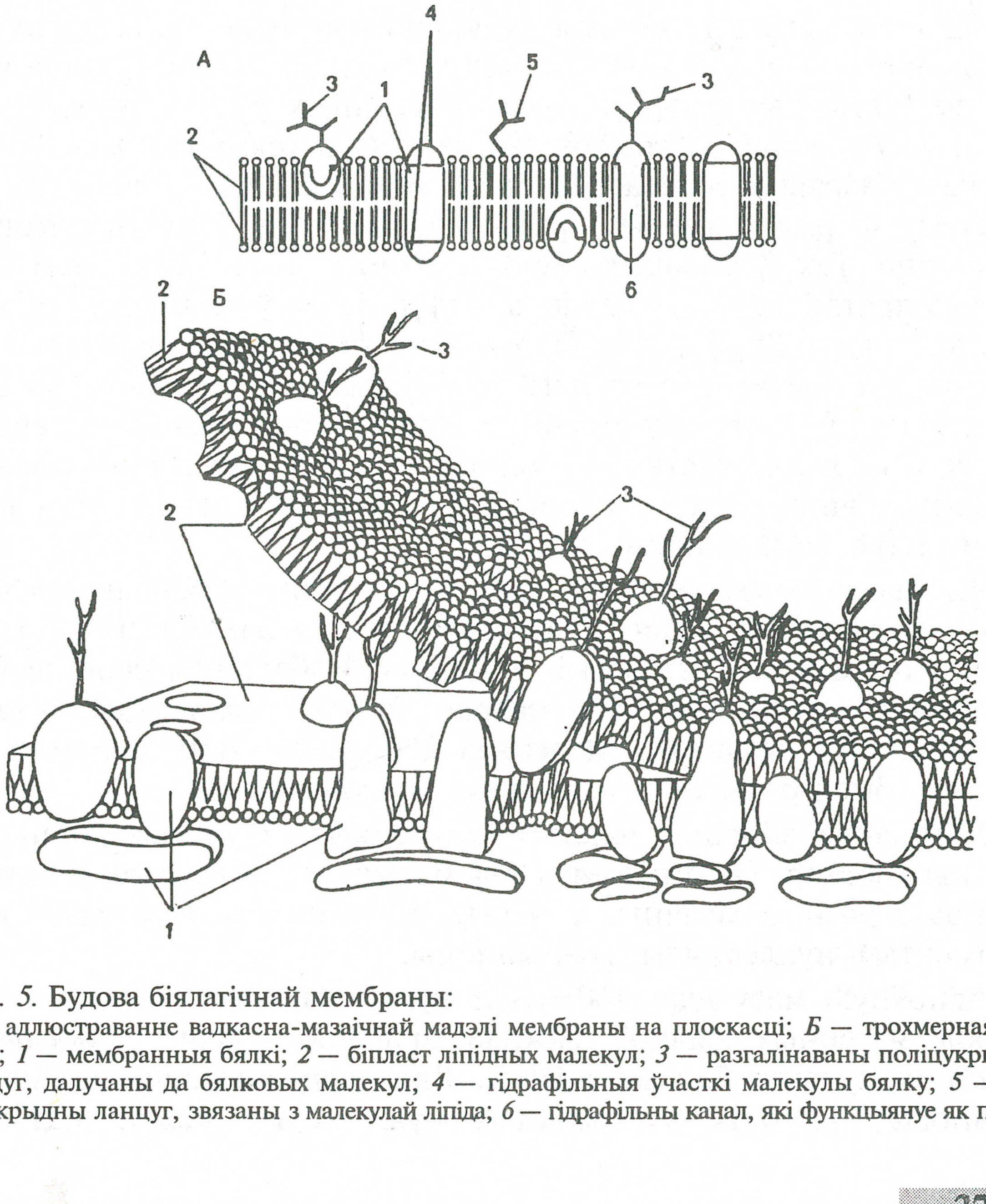


Рыс. 4. Рух цытаплазмы ў клетках:
1 — ліста эладэі; *2* — валаска традэсканцыі

У маладой клетцы цытаплазма займае ўсю яе поласць; па меры росту клеткі ў цытаплазме ўзнікаюць дробныя вакуолі, запоўненыя вадзяністым клетачным сокам. Пазней яны звычайна зліваюцца і ўтвараюць некалькі больш вялікіх або адну буйную *цэнтральную вакуолю.* У такіх клетках цытаплазма размяшчаецца тонкім пасценным пластом.

Цытаплазма з паверхні і з боку вакуоляў абмежавана *мембранамі.* Мембранная арганізацыя характэрна для большасці арганоідаў клеткі. Іх структуру ўтвараюць тонкія (4—10 нм), даволі шчыльныя плёнкі — біялагічныя мембраны, аснову якіх складаюць *ліпіды.* Малекулы ліпідаў у мембране размешчаны ў два пласты такім чынам, што часткі, якія інтэнсіўна ўзаемадзейнічаюць з вадой (гідрафільныя), скіраваны да паверхні, а часткі, якія ў вадзе не раствараюцца (гідрафобныя), — унутр. Гэтыя два пласты малекул ліпідаў як бы «сшыты» разам малекуламі структурных

бялкоў (рыс. 5). Частка малекул бялкоў праходзіць праз біпласт ліпідаў наскрозь, пры гэтым утвараюцца ўчасткі, пранікальныя для вады і іншых рэчываў. Некаторыя з бялкоў выконваюць функцыю пераносчыкаў рэчываў. Біялагічныя мембраны па сутнасці складаюць аснову любой клеткі і адыгрываюць у жыцці клетак найважнейшую фізіялагічную ролю. Яны ўтвараюць пагранічны пласт цытаплазмы, а таксама знешнюю мяжу яе арганоідаў і ўдзельнічаюць ва ўтварэнні іх унутранай структуры. Адна з асноўных уласцівасцей біялагічных мембран — выбіральная пранікальнасць (паўпранікальнасць): адны рэчывы праходзяць праз іх з цяжкасцю, другія — лёгка, а для некаторых мембраны наогул непранікальныя. Так, вада лёгка пранікае праз мембраны ў абодвух напрамках, у той час як малекулы бялкоў, нуклеінавых кіслот і іншыя буйныя малекулы затрымліваюцца мембранамі.



Рыс. 5. Будова біялагічнай мембраны:
А — адлюстраванне вадкасна-мазаічнай мадэлі мембраны на плоскасці; *Б* — трохмерная мадэль; *1* — мембранныя бялкі; *2* — біпласт ліпідных малекул; *3* — разгалінаваны поліцукрыдны ланцуг, далучаны да бялковых малекул; *4* — гідрафільныя ўчасткі малекулы бялку; *5* — поліцукрыдны ланцуг, звязаны з малекулай ліпіда; *6* — гідрафільны канал, які функцыянуе як пора

Біялагічная мембрана, што абмяжоўвае змесціва цытаплазмы ад абалонкі, называецца *плазмалемай.* У клетак раслін плазмалема шчыльна прылягае да сценкі клеткі. Часам яна ўтварае глыбокія складкі, як гэта назіраецца ў клетках бактэрый. Плазмалема рэгулюе абмен рэчываў з навакольным асяроддзем, а таксама ўдзельнічае ў сінтэзе рэчываў.

Ад змесціва вакуоляў цытаплазма адмежавана мембранай, якая называецца *танапластам.*

Ядро. Самым буйным арганоідам клеткі з'яўляецца ядро. Ядро — гэта месца захоўвання і аднаўлення спадчыннай інфармацыі, якая вызначае прыкметы дадзенай клеткі і ўсяго арганізма цалкам. Ядро, такім чынам, кіруе ўсёй жыццядзейнасцю клеткі. Калі з клеткі выдаліць ядро, яна ў хуткім часе гіне.

Звычайна ў клетцы знаходзіцца адно ядро, але ў некаторых водарасцей і грыбоў клеткі мнагаядзерныя.

Ядро мае выгляд светлага акруглага або некалькі выцягнутага празрыстага цельца, абмежаванага абалонкай. Дыяметр ядра клетак вегетатыўных органаў пакрытанасенных раслін складае 10—25 мкм. У плесневых грыбоў дыяметр ядра ўсяго 1—2 мкм, у той жа час у хáравых водарасцей ён дасягае і 2,5 мм. У працэсе антагенезу форма, памеры і размяшчэнне ядра ў клетцы могуць змяняцца. Так, у маладых клетак суадносіны паміж аб'ёмам ядра і ўсяго пратапласта складаюць ад 1:4 да 1:5, а ў дарослых і старых клетак — ад 1:20 да 1:200. Парушэнне гэтых суадносін выклікае або падзел клеткі, або яе пагібель. У маладой клетцы ядро размяшчаецца ў цэнтры, у старой — у пасценным пласце цытаплазмы або ў цэнтры клеткі; у апошнім выпадку яно абкружана цытаплазматычнай ядзернай кішэняй, злучанай з пасценным пластом цытаплазматычнымі цяжамі.

Ад цытаплазмы змесціва ядра адмежавана ядзернай абалонкай — *карыятэкай,* якая складаецца з дзвюх элементарных мембран з прамежкам паміж імі. У ядзернай абалонцы ёсць асобыя ўтварэнні — *поры,* праз якія макрамалекулы праходзяць з ядра ў цытаплазму і наадварот. Ядзерная абалонка, такім чынам, кантралюе абмен рэчываў паміж ядром і цытаплазмай.

Унутранае змесціва ядра — *карыялімфа* — уяўляе сабой калоідны раствор. Па структуры яна блізкая да гіялаплазмы і складаецца з розных хімічных рэчываў, такіх як бялкі (у тым ліку і ферменты), нуклеатыды, розныя іоны.

Асноўную масу ядра (60—70 % сухой масы) складаюць *бялкі.* Сярод ядзерных бялкоў важнае значэнне маюць *нуклеапратэіды* — злучэнні бялкоў з ДНК. Ядро адрозніваецца ад іншых арганоідаў высокім утрыманнем нуклеінавых кіслот (ДНК і

РНК). Канцэнтрацыя ДНК у ядры перавышае канцэнтрацыю РНК. Па хімічнай прыродзе ДНК і РНК – полінуклеатыды, якія складаюцца з нуклеатыдаў. Нуклеатыды ўключаюць у свой склад пяцівугляродны цукар (дэзоксірыбозу – у ДНК і рыбозу – у РНК), азоцістую аснову (адэнін, гуанін, тымін і цытазін – у ДНК і урацыл замест тыміна ў малекулах РНК) і рэшткі фосфарнай кіслаты. Нуклеатыды злучаюцца ў доўгі ланцуг любой паслядоўнасці. Малекула ДНК складаецца з двух надзвычай доўгіх ланцугоў, звязаных паміж сабой вадароднымі сувязямі, што ўтвараюць азоцістыя асновы. Прычым адэнін заўсёды злучаецца вадароднымі сувязямі з тымінам, а гуанін – з цытазінам (прынцып камплементарнасці). Гэты двайны ланцуг закручаны ў спіраль. Малекулы РНК уяўляюць сабой адзіночныя ланцужкі; яны больш кароткія, чым ланцужкі ДНК. Адна з найбольш важных уласцівасцей ДНК – *рэплікацыя (самападваенне),* пры якой пад уплывам ферментаў разрываюцца хімічныя сувязі паміж азоцістымі асновамі розных ланцугоў, нуклеатыдныя ланцугі разыходзяцца і кожны з іх па прынцыпе камплементарнасці дабудоўвае страчаную. Аналагічна на нітках ДНК утвараюцца малекулы РНК – *транскрыпцыя.* Выяўлена, што кадзіраванне інфармацыі ажыццяўляецца праз паслядоўнасць размяшчэння нуклеатыдаў у малекулах ДНК. Такую паслядоўнасць нуклеатыдаў, своеасаблівую для кожнага арганізма, называюць *генетычным кодам.* Участак малекулы ДНК, у якім закадзіравана інфармацыя аб першаснай будове малекулы аднаго бялку, называецца *генам.*

ДНК сустракаецца ў ядры, хларапластах і мітахондрыях, у той час як РНК уваходзіць у склад гэтых арганоідаў і ў склад цытаплазмы. Даказана, што ДНК выконвае ролю матрыцы ў сінтэзе РНК (транскрыпцыя), а РНК з'яўляецца матрыцай у сінтэзе бялкоў (трансляцыя).

У клетках адрозніваюць некалькі відаў РНК, найбольш распаўсюджанымі з іх з'яўляюцца:

1) *інфармацыйная РНК (іРНК),* малекулы якой пераносяць генетычную інфармацыю аб першаснай структуры бялку ад ДНК ядра на рыбасомы цытаплазмы;

2) *транспартная РНК (тРНК),* малекулы якой пераносяць свабодныя амінакіслоты на рыбасомы, дзе з амінакіслот ажыццяўляецца сінтэз бялку;

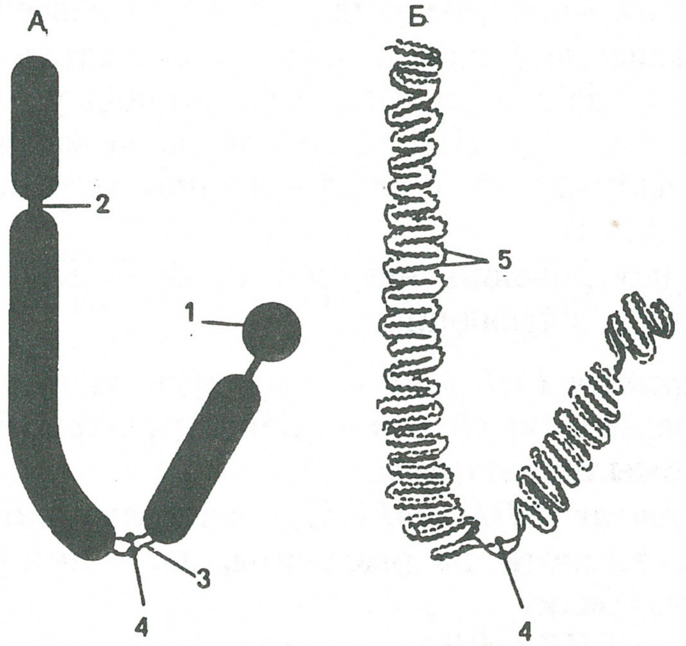
3) *рыбасомная РНК (рРНК)* уваходзіць у склад рыбасом.

У карыялімфе ядра размяшчаюцца яго аформленыя элементы: храмацін, ядзерка і рыбасомы.

Храмацін уяўляе сабой бялкова-нуклеатыдны комплекс бялкоў-гістонаў, якія адпаведным чынам злучаны з двайной

спіральнай малекулай ДНК у структуры, што нагадваюць пацеркі; іх называюць *нуклеасомамі*.

Храмацін у перакладзе з грэчаскай азначае «афарбаваны матэрыял» і названы ён так таму, што лёгка фарбуецца асноўнымі фарбавальнікамі пры падрыхтоўцы да даследавання пад светлавым мікраскопам. Пры падзеле ядра храмацін фарбуецца больш інтэнсіўна і робіцца больш прыкметным. Гэта тлумачыцца яго кандэнсацыяй — утварэннем туга скручаных (спіралізаваных) нітак, якія называюцца *храмасомамі*. У інтэрфазе (перыяд паміж падзеламі ядра) храмацін пераходзіць у дысперсаваны стан. Такім чынам храмасомы робяцца бачнымі падчас клетачнага падзелу і непрыкметнымі ў інтэрфазе. Пры падзеле ядра храмасомы маюць даўжыню 0,2÷200 мкм і складаюцца з дзвюх ідэнтычных палавінак — *храматыд*, якія ляжаць побач. Потым яны аддзяляюцца адна ад адной і ўтвараюць храмацін ядраў даччыных клетак. У перыяд паміж падзеламі ядра з кожнай даччынай храмасомы ў выніку ідэнтычнага падваення (рэплікацыя) зноў утвараюцца дзве храматыды, якія ляжаць побач. Блізка да сярэдзіны храмасомы маюць першасную перацяжку. У вобласці першаснай перацяжкі ляжыць невялічкае дыскавіднае цельца — *цэнтрамера*, якая злучае храматыды (рыс. 6). Падчас падзелу ядра да цэнтрамеры прымацоўваюцца мікратрубачкі верацяна падзелу, з дапамогай якіх храматыды перамяшчаюцца да полюсаў клеткі.



Рыс. 6. Будова храмасомы:

А — знешні выгляд; *Б* — унутраная будова; *1* — спадарожнік; *2* — другасная перацяжка; *3* — першасная перацяжка; *4* — цэнтрамера; *5* — спіралі храмасомы

У клетках цела раслін і жывёлін кожная пара храмасом прадстаўлена дзвюма гамалагічнымі храмасомамі (двайны, або дыплоідны, набор). Палавыя клеткі ўтрымліваюць толькі па адной з дзвюх гамалагічных храмасом (гаплоідны набор). Колькасць храмасом у розных арганізмаў розная (ад дзвюх да некалькіх соцен). Усе храмасомы ў сукупнасці складаюць храмасомны набор клеткі. Кожны біялагічны від мае ў сваіх клетках характэрны і пастаянны набор храмасом, які замацаваўся ў працэсе эвалюцыі. Сукупнасць прыкмет храмасомнага набору (колькасць, форма, памеры храмасом), характэрных для таго ці іншага віду, называецца *карыятыпам.*

У ядры, акрамя храмаціну, знаходзіцца адно або некалькі ядзеркаў. Як і храмацін, ядзеркі не маюць мембран і свабодна ляжаць у карыялімфе. Гэтыя невялічкія цельцы маюць здольнасць добра фарбавацца празнымі фарбавальнікамі, у прыватнасці асноўнымі. Такая базіфілія вызначаецца ўтрыманнем у ядзерках РНК.

Ядзерка — не самастойная структура. Гэта вытворнае храмасомы, адзін з яе локусаў, які актыўна функцыянуе ў інтэрфазе.

Ядзерка з'яўляецца месцам сінтэзу рРНК. Тут жа рРНК апранаецца ў бялок, такім чынам пачынаецца зборка рыбасом, якая заканчваецца ў цытаплазме.

Пластыды. У светлавы мікраскоп у складзе расліннай клеткі добра відаць пластыды.

Пластыды — гэта арганоіды, уласцівыя толькі клеткам раслін. Яны адыгрываюць важнейшую ролю ў жыцці раслін, паколькі адказваюць за сінтэз арганічных рэчываў, і ў першую чаргу вугляводаў.

Пластыда складаецца з бялковай асновы, абкружанай звонку абалонкай з дзвюх элементарных мембран. Бялковая аснова называецца *матрыксам* або *стромай пластыды.* У строме размяшчаецца сістэма ўнутраных мембран. Ступень развіцця ўнутраных мембран і характар іх размяшчэння ў розных тыпах пластыд розныя.

У клетках сустракаюцца тры тыпы пластыд: зялёныя — хларапласты, жоўта-аранжавыя — храмапласты і бясколерныя — лейкапласты.

Зялёная афарбоўка хларапластаў абумоўлена прысутнасцю ў іх зялёных пігментаў — хларафілаў, якія адрозніваюцца спектральнымі ўласцівасцямі. Акрамя хларафілаў, што адыгрываюць найбольш актыўную ролю ў працэсе фотасінтэзу, у хларапластах прысутнічаюць караціноіды: жоўты ксантафіл, аранжава-

чырвоны карацін і інш. Пры злучэнні з бялковымі комплексамі мембран пігменты ўтвараюць хромапратэіды.

Пігментны склад пластыд непастаянны і залежыць ад фактараў навакольнага асяроддзя, фаз развіцця расліны і іншых прычын. У большасці выпадкаў гэта звязана з распадам пігментаў або з разбурэннем стромы.

Хларапласты прысутнічаюць у клетках як ніжэйшых, так і вышэйшых раслін. Хларапласты вышэйшых раслін маюць авальную, акруглую, шарападобную або злёгку сплюснутую з бакоў форму. Дыяметр іх 4—6 мкм, таўшчыня 1—3 мкм.

У водарасцей хларапласты вельмі разнастайныя па форме і памерах. Яны могуць быць зорчатымі, чашападобнымі, келіхападобнымі і інш.

Звычайна ў клетцы вышэйшых раслін утрымліваецца ад 15 да 50 хларапластаў, а ў клетках водарасцей — 1—3. На святле хларапласты звычайна размяшчаюцца ўздоўж сценак клетак, дзякуючы чаму ўзрастае святлопаглынальная паверхня клеткі. У цемнаце яны размяшчаюцца па ўсёй тоўшчы цытаплазмы.

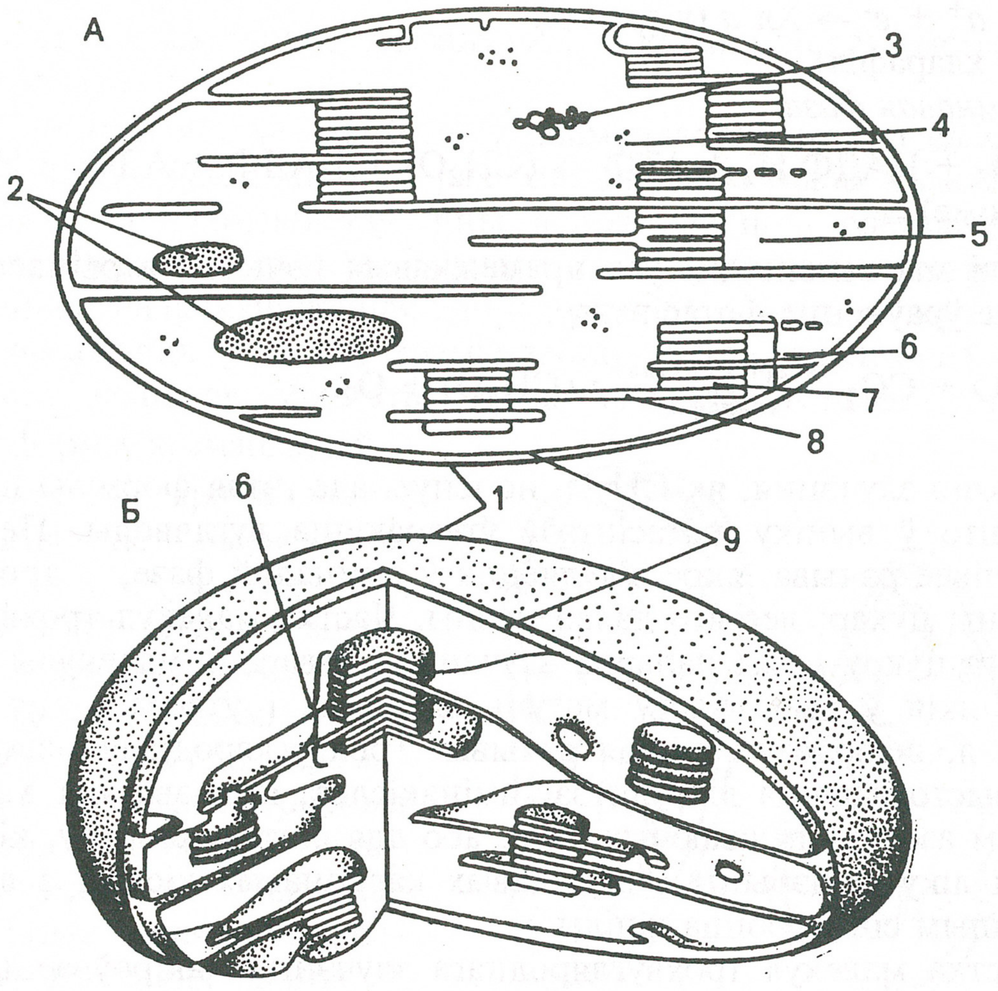
Строма хларапластаў пранізана сістэмай мембран, што размешчаны паралельна адна другой (рыс. 7). Мембраны маюць выгляд плоскіх мяшочкаў. Іх называюць *тылакоідамі* або *ламеламі*.

Адны з тылакоідаў доўгія, цягнуцца праз усю пластыду (тылакоіды стромы), другія — кароткія (тылакоіды граны), аб'яднаныя ў стосікі, якія называюцца *гранамі*. Хларафіл і караціноіды знаходзяцца ў тылакоідах граны, дзе ажыццяўляюцца фотахімічныя рэакцыі. Граны хларапласта звязаны адна з другой тылакоідамі стромы.

У строме знаходзяцца рыбасомы, кроплі ліпідаў, крухмальныя зярняты, малекулы ДНК і РНК.

Галоўная функцыя хларапластаў — ажыццяўленне фотасінтэзу, які адбываецца пры абавязковым удзеле хларафілу. Увесь працэс фотасінтэзу ўяўляе сабой складаны ланцуг рэакцый, якія можна звесці да дзвюх фаз — светлавой і цемнавой.

Першая фаза адбываецца толькі на святле, пры гэтым светлавая энергія накіравана на актывацыю электронаў хларафілу і фатоліз (раскладванне) вады, што суправаджаецца пераўтварэннем светлавой энергіі спачатку ў электрахімічную, а потым у хімічную, якая акумулюецца ў выглядзе макраэргічных сувязяў малекул АТФ. Пры гэтым актываваныя светлавой энергіяй электроны выкарыстоўваюцца для далучэння вадароду да своеасаблівага рэчыва — пераносчыка вадароду (НАДФ). Пры фатолізе вады ўтвараецца таксама кісларод.



Рыс. 7. Будова хларапласта:
А — папярочны зрэз; *Б* — схема трохмернай будовы; *1* — вонкавая мембрана; *2* — зярняты крухмалу; *3* — ДНК; *4* — рыбасомы; *5* — строма; *6* — грана; *7* — тылакоід граны; *8* — тылакоід стромы; *9* — унутраная мембрана

У цемнавой фазе адбываюцца фіксацыя вугляроду і ўтварэнне арганічных рэчываў.

Гэтыя працэсы вельмі схематычна можна адлюстраваць наступным чынам.

Светлавая фаза:

$2Хл\ a \xrightarrow{\text{энергія святла}} 2Хл\ a^+ + 2e^-$ (у гранах);

$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$ (у строме);

$НАДФ^+ + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow НАДФ{\cdot}H_2$ (у строме);

$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$ (у гранах);

$АДФ + H_3PO_4 \xrightarrow{\text{электрахімічная энергія}} АТФ$

(на мембранах граны);

Хл $a^+ + e^- \rightarrow$ Хл a (у гранах)
(Хл – хларафіл).

Цемнавая фаза:

CO_2 + НАДФ·H_2 + АТФ $\rightarrow$ (CH_2O) + НАДФ + АДФ + H_3PO_4 (у строме).

Калі мы выключым усе прамежкавыя рэчывы, атрымаем сумарнае ўраўненне фотасінтэзу:

$$H_2O + CO_2 \xrightarrow[\text{хларафіл}]{\text{энергія святла}} (CH_2O) + O_2.$$

Такога злучэння, як CH_2O, не існуе, але гэтая формула паказвае, што ў выніку фотасінтэзу ўтвараюцца вугляводы. Першае ўстойлівае рэчыва, якое з'яўляецца ў цемнавой фазе, – трохвугляродны цукар; лёс яго далей розны. Частка малекул трохвугляроднага цукру можа папарна злучацца і ўтвараць малекулы глюкозы, якія ў сваю чаргу могуць злучацца і ўтвараць цукрозу, крухмал, целюлозу і іншыя рэчывы. Трохвугляродныя малекулы выкарыстоўваюцца для сінтэзу амінакіслот, што звязана з далучэннем азотутрымліваючых груп, або для сінтэзу спіртоў, кіслот, у тым ліку гліцэрыны і тлушчавых карбонавых кіслот, з якіх у далейшым сінтэзуюцца ліпіды.

Частка малекул трохвугляроднага злучэння накіроўваецца на рэгенерацыю прамежкавых рэчываў, у прыватнасці пяцівугляроднага цукру, які з'яўляецца акцэптарам вуглякіслага газу на першай ступені цемнавой фазы.

Такім чынам, фотасінтэзуючыя расліны з дапамогай хларафілу паглынаюць сонечную энергію і назапашваюць яе ў выглядзе хімічных сувязяў арганічных рэчываў (у першую чаргу вугляводаў). Тым самым забяспечваецца існаванне ўсіх жывых арганізмаў на Зямлі. Зыходныя рэчывы для фотасінтэзу – гэта простыя, бедныя энергіяй неарганічныя рэчывы: вуглякіслы газ і вада.

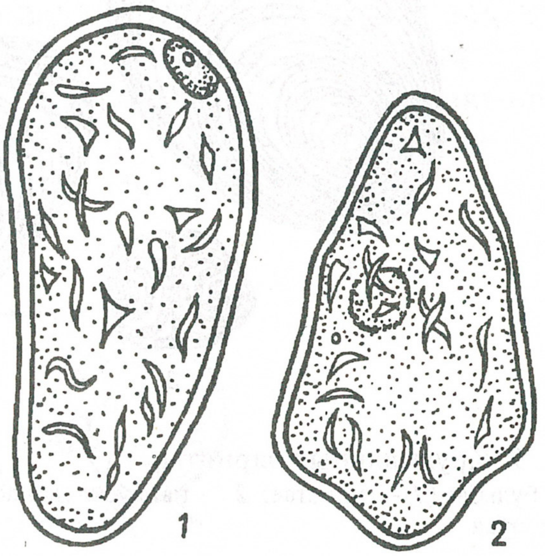
Дзякуючы фотасінтэзу атмасфера сістэматычна папаўняецца кіслародам, які з'яўляецца пабочным прадуктам гэтага працэсу. Кіслярод выкарыстоўваецца жывымі арганізмамі для дыхання. Пры клетачным дыханні адбываеццаператраўленне пажыўных рэчываў, іх расшчапленне і вызваленне назапашанай імі энергіі, у выніку чаго клетка можа выкарыстоўваць яе для выканання рознай работы, г. зн. для здзяйснення розных працэсаў жыццядзейнасці.

Храмапласты афарбаваныя ў жоўта-аранжавы і чырванаваты колер пігментамі з групы караціноідаў. Яны сустракаюцца ў спелых пладах (ландыш, рабіна, таматы, шыпшына), у пялёстках

кветак (ружа, цюльпан, хрызантэма), у караняплодах (морква), у асеннім лісці.

Унутраная сістэма мембран у храмапластаў развіта слаба або наогул адсутнічае. Па памерах храмапласты мала чым адрозніваюцца ад хларапластаў, яны добра відаць у светлавы мікраскоп. Форма іх таксама разнастайная: акруглая, трохгранная, рамбічная, палачкападобная і інш. (рыс. 8). Карацін і ксантафіл, што ўваходзяць у склад храмапластаў, часта крышталізуюцца; разнастайнасць формы гэтых крышталёў абумоўлівае разнастайнасць формаў храмапластаў.

Функцыя храмапластаў дакладна не высветлена. Верагодна, існуе сувязь паміж храмапластамі і сінтэзам вітамінаў, таму што органы, якія ўтрымліваюць вялікую колькасць храмапластаў, багатыя на розныя вітаміны, у першую чаргу на вітамін A. Ускоснае біялагічнае значэнне храмапластаў заключаецца ў тым, што яркі жоўта-аранжавы і чырвоны колер пялёсткаў кветак, афарбаваных храмапластамі, прываблівае насякомых. Гэта садзейнічае апыленню кветак, утварэнню насення і пладоў. Плады, таксама афарбаваныя храмапластамі, робяцца больш прыкметнымі для птушак і іншых жывёлін, з задавальненнем імі паядаюцца і такім чынам адбываецца распаўсюджванне насення.



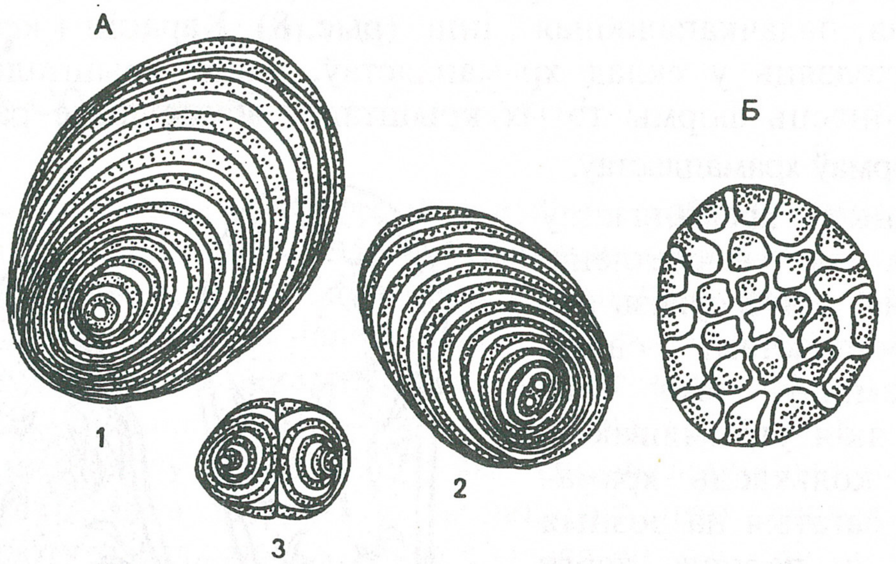
Рыс. 8. Храмапласты ў клетках мякаці спелых пладоў:
1 — шыпшыны; *2* — рабіны

Лейкапласты — бясколерныя пластыды. Па памерах і форме яны таксама разнастайныя. Ламелярная сістэма, як і ў храмапластах, развіта слаба. У большасці выпадкаў лейкапласты сустракаюцца ў органах, што не асвятляюцца, — каранях, клубнях, цыбулінах, насенні; рэдка — у органах, якія развіваюцца на святле (лісце, пялёсткі кветак).

Асноўная функцыя лейкапластаў — другасны сінтэз і назапашванне пажыўных рэчываў, у першую чаргу крухмалу, часам бялку, рэдка алею. Лейкапласты, што назапашваюць крухмал, называюцца *амілапластамі*. У іх з цукру, што паступае з лісця, утвараюцца крухмальныя зярняты розных памераў і формы. Гэта і ёсць другасны запасны крухмал. Часта крухмалу назапашваецца

так многа, што строма застаецца ў выглядзе тонкага пласта пад абалонкай амілапласта (рыс. 9).

У пратэінапластах назапашваецца бялок, часта ў выглядзе крышталёў. У мохападобных і некаторых аднадольных раслін можна знайсці алеапласты, якія ўтрымліваюць кроплі алею.



Рыс. 9. Крухмальныя зярняты:
А — бульбы (*1* — простае; *2* — напаўскладанае; *3* — складанае); *Б* — складанае крухмальнае зерне аўса

У працэсе эвалюцыі, як лічыцца, першымі з пластыд узніклі хларапласты, з якіх пазней утварыліся лейкапласты і храмапласты.

У антагенезе амаль усе віды пластыд здольныя пераходзіць адзін у другі:

лейкапласты ⟷ хларапласты ⟶ храмапласты
амілапласты

Часцей адбываецца пераўтварэнне лейкапластаў у хларапласты (напрыклад, пры ўтварэнні зародка з аплодненай яйцаклеткі) і хларапластаў у храмапласты (пры асеннім пажаўценні лісця або пры паспяванні пладоў некаторых раслін). Працэс пераўтварэння хларапластаў у храмапласты можна разглядаць як канчатковы этап развіцця пластыд – *этап старэння.*

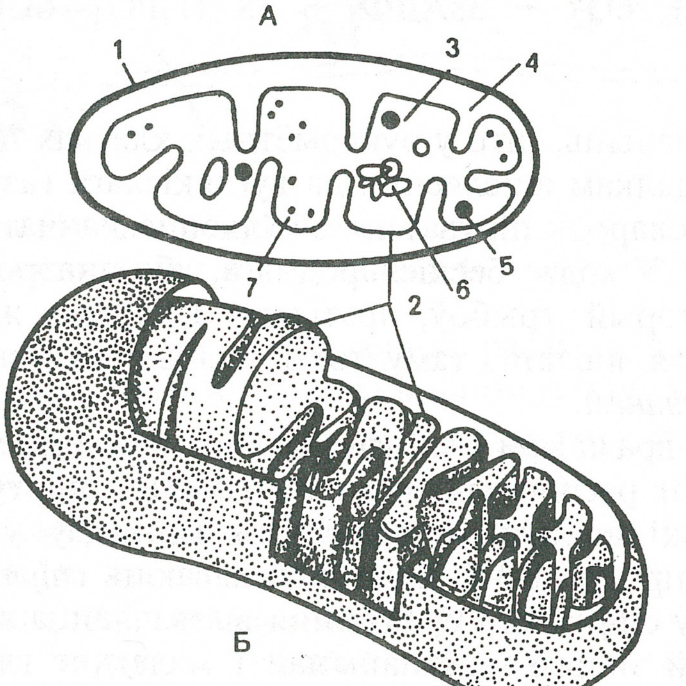
У храмапласты здольныя пераўтварацца і лейкапласты, напрыклад у некаторых выдзяляльных клетках пры іх старэнні.

Пры параненні раслін або пры перанясенні іх у цемнату хларапласты пераўтвараюцца ў лейкапласты. Пры гэтым адбываецца

разбурэнне ўнутранай ламелярнай структуры і хларафілу. Гэты працэс абарачальны. Напрыклад, пры выстаўленні раслін на святло з лейкапластаў зноў развіваюцца хларапласты.

Толькі ў прыродных умовах храмапласты, як правіла, не пераўтвараюцца ў другія віды пластыд.

Мітахондрыі. Як і хларапласты, мітахондрыі абкружаныя дзвюма элементарнымі мембранамі (рыс. 10). Унутраная мембрана ўтварае мноства складак і выступаў, якія называюцца *крыстамі* (ад лац. crista – грэбень, выраст). Дзякуючы крыстам унутраная паверхня мітахондрыі істотна павялічваецца. Унутраная прастора мітахондрыі запоўнена вадкім матрыксам, у склад якога ўваходзяць бялкі, РНК, цяжы ДНК, рыбасомы, падобныя да бактэрыйных, і розныя раствораныя рэчывы. Мітахондрыі звычайна больш дробныя, чым пластыды. Дыяметр іх складае каля 0,5 мкм. Яны вельмі разнастайныя па форме і даўжыні.



Рыс. 10. Будова мітахондрыі:
А — падоўжны разрэз; *Б* — схема трохмернай будовы; *1* — вонкавая мембрана; *2* — унутраная мембрана; *3* — матрыкс; *4* — міжмембранная прастора; *5* — гранула; *6* — ДНК; *7* — рыбасомы

У мітахондрыях ажыццяўляецца працэс дыхання, у выніку якога арганічныя малекулы, у першую чаргу малекулы вугляводаў, расшчапляюцца. Пры гэтым вызваляецца энергія і перадаецца на малекулы АТФ. У далейшым дзякуючы энергіі АТФ у клетцы здзяйсняюцца розныя працэсы – сінтэз рэчываў, іх транспарт, рост клеткі, яе падзел і г. д. Працэс дыхання можна падзяліць на дзве стадыі – гліколіз і кіслароднае акісленне.

У *працэсе гліколізу* (ад грэч. glykys — салодкі і lysis — расшчапленне) шасцівугляродная малекула глюкозы расшчапляецца на дзве трохвугляродныя малекулы піравінаграднай кіслаты (піруват). Пры гэтым утвараюцца дзве малекулы АТФ:

$$C_6H_{12}O_6 + 2АДФ + H_3PO_4 + НАД \xrightarrow{\text{ферменты}} 2C_3H_4O_3 + 2АТФ + НАД{\cdot}H_2.$$

Гліколіз адбываецца ў цытаплазме клетак. Малекулы пірувата і $НАД{\cdot}H_2$ далей паступаюць у мітахондрыі, дзе акісляюцца да вуглякіслага газу і вады. Пры гэтым утвараецца 36 малекул АТФ. Такім чынам, у выніку поўнага акіслення глюкозы ўтвараецца 38 малекул АТФ. Сумарна гэты працэс можна запісаць наступным чынам:

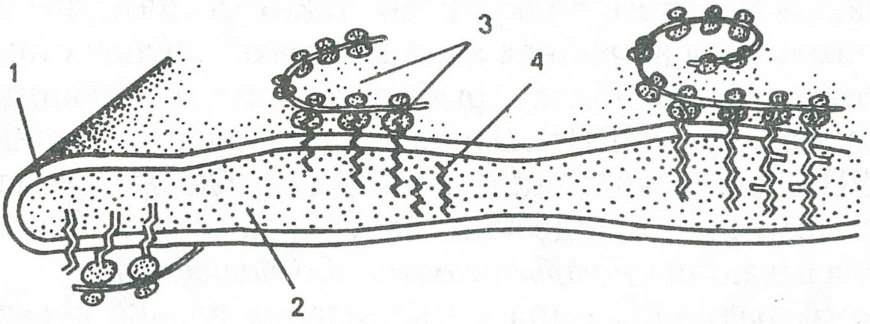
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38АДФ + 38\ H_3PO_4 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38АТФ.$$

Трэба адзначыць, што ў эўкарыётных клетках піруват у аэробных умовах цалкам акісляецца да вуглякіслага газу і вады. Але ў адсутнасці кіслароду піруват не з'яўляецца канчатковым прадуктам гліколізу. У ходзе бескіслароднага, або анаэробнага, працэсу ў многіх бактэрый, грыбоў, пратыстаў і клетках жывёлін утвараецца малочная кіслата, таму гэты працэс называецца *малочнакіслым браджэннем.*

У клетках дрожджэй і многіх раслінных клетках у анаэробных умовах піруват расшчапляецца да этылавага спірту і вуглякіслага газу. Паколькі асноўным прадуктам гліколізу ў гэтых умовах з'яўляецца спірт, дадзены працэс называюць *спіртавым браджэннем.* У выніку спіртавога браджэння вызваляецца прыкладна каля 7 % агульнай энергіі, назапашанай у малекуле глюкозы, а 93 % застаецца ў выглядзе дзвюх малекул спірту. Такім чынам, мітахондрыі ў працэсе кіслароднага акіслення садзейнічаюць значнаму ўзбагачэнню клеткі энергіяй, што назапашваецца ў выглядзе АТФ.

Большасць раслінных клетак утрымлівае сотні і тысячы мітахондрый, іх колькасць у адной клетцы вызначаецца патрэбнасцю ў АТФ. Мітахондрыі звычайна канцэнтруюцца там, дзе патрабуецца энергія. Калі плазматычная мембрана актыўна пераносіць рэчывы з клеткі ў клетку, мітахондрыі размяшчаюцца ўздоўж паверхні мембраны. У рухомых аднаклетачных водарасцей мітахондрыі, як правіла, збіраюцца ў аснове жгуцікаў і, верагодна, пастаўляюць энергію, неабходную для іх руху.

Эндаплазматычны рэтыкулум (ЭР). Гэта складаная сістэма замкнутых адзінарных мембран рознай працягласці. ЭР (ад лац. reticulum — сетачка) уяўляе сабой сплюшчаныя мяшочкі, якія называюцца *цыстэрнамі* (рыс. 11). Часта на паверхні мембран ЭР размяшчаюцца шматлікія рыбасомы, звязаныя з яго вонкавай паверхняй. ЭР, што нясе рыбасомы, называецца *шурпатым* або *гранулярным.* Звычайна цыстэрны такога ЭР у электронным мікраскопе маюць выгляд пласцінак. Рыбасомы і ЭР — асноўныя месцы сінтэзу бялку. Наадварот, клеткі, якія сакрэтуюць ліпіды, маюць сетку цыстэрнаў без рыбасом на іх паверхні. Гэта *гладкі,* або *агранулярны,* ЭР. Гладкі ЭР звычайна мае трубчастую форму.



Рыс. 11. Эндаплазматычны рэтыкулум (схема):
1 — мембрана; *2* — унутраная поласць; *3* — рыбасомы; *4* — малекулы бялку

Шурпаты і гладкі ЭР знаходзяцца разам у адной і той жа клетцы. Як правіла, паміж імі існуюць шматлікія сувязі.

Функцыі шурпатага ЭР звязаны з транспартам і пераўтварэннем бялкоў, што сінтэзуюцца на рыбасомах, злучаных з паверхняй яго мембран. Бялкі назапашваюцца ўнутры цыстэрнаў, відазмяняюцца (г. зн. да іх далучаюцца іншыя рэчывы) і транспартуюцца ў апарат Гольджы, адкуль выводзяцца за межы клеткі, паступаюць у іншыя арганоіды той жа клеткі (напрыклад, лізасомы) або адкладваюцца ў выглядзе запасных гранул. Бялкі могуць сінтэзавацца і на рыбасомах, не звязаных з ЭР. Такія бялкі застаюцца ў цытаплазме і скарыстоўваюцца на ўнутрыклетачныя патрэбы.

Адна з галоўных функцый гладкага ЭР — сінтэз ліпідаў. Акрамя таго, ЭР з'яўляецца месцам сінтэзу клетачных мембран. ЭР суседніх клетак злучаюцца праз цытаплазматычныя цяжы — *плазмадэсмы*, што праходзяць скрозь клетачныя абалонкі, і такім чынам адбываецца ўзаемасувязь адной клеткі з другой.

Рыбасомы. Гэта вельмі дробныя арганоіды. Дыяметр іх часцінак каля 17—23 нм. Колькасць рыбасом у цытаплазме жывых клетак вельмі значная, як у пракарыётаў, так і ў эўкарыётаў. У

бактэрыяльнай клетцы ўтрымліваецца каля 10 000 рыбасом; у клетках эўкарыётаў іх у некалькі разоў больш.

Рыбасомы з'яўляюцца месцам сінтэзу бялку. Кожная рыбасома складаецца з дзвюх субадзінак – буйной і малой. У хімічных адносінах рыбасомы ўяўляюць сабой роўную колькасць бялку і рРНК. Да рыбасом далучаецца іРНК, якая з'яўляецца матрыцай для сінтэзу бялку з амінакіслот. Зборка амінакіслот у поліпептыдны ланцуг адбываецца з дапамогай тРНК, якія дастаўляюць да рыбасомы пэўныя амінакіслоты. Паміж іРНК і тРНК узнікае часовая сувязь, якая садзейнічае адпаведнаму хімічнаму ўзаемадзеянню паміж малекуламі амінакіслот. Такім чынам, рыбасома з'яўляецца месцам звязвання малекул, што ўдзельнічаюць у сінтэзе бялку, г. зн. такім месцам, дзе гэтыя малекулы займаюць у адносінах адна да другой пэўнае становішча.

У працэсе сінтэзу бялку рыбасомы перамяшчаюцца ўздоўж ніткаватай малекулы іРНК. Працэс ідзе больш эфектыўна, калі ўздоўж іРНК перамяшчаецца не адна рыбасома, а адначасова шмат рыбасом, якія нагадваюць пацеркі на нітцы. Такія ланцугі рыбасом называюцца *полірыбасомамі* або *палісомамі*.

Рыбасомы размяшчаюцца ў цытаплазме вольна або звязаны з мембранамі ЭР. Яны таксама прысутнічаюць у ядры, пластыдах і мітахондрыях.

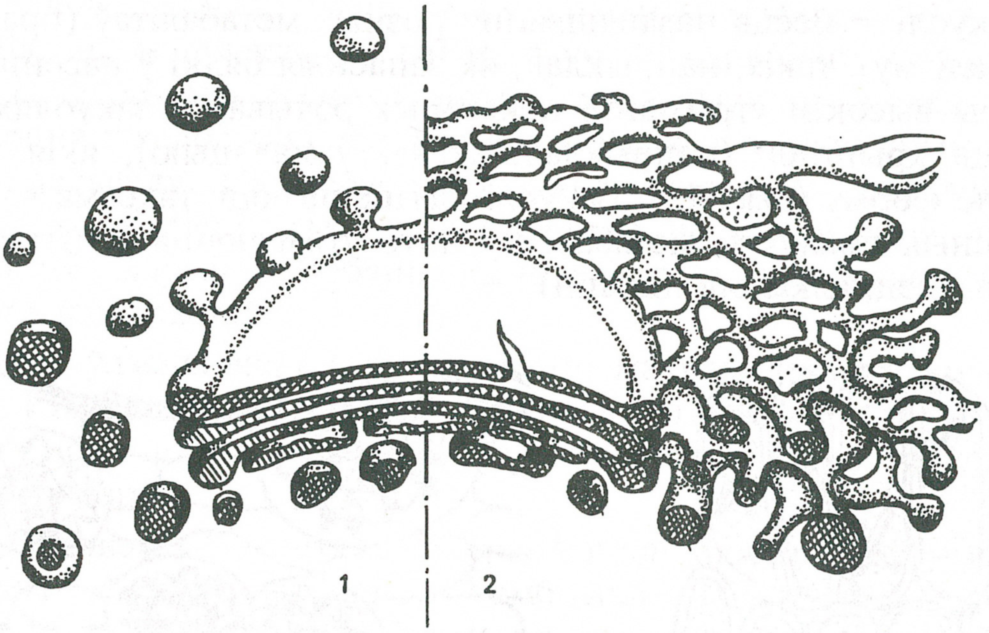
Комплекс Гольджы. Гэтая назва выкарыстоўваецца для абазначэння ўсіх дыктыясом, або цельцаў Гольджы, у клетцы. *Дыктыясомы* – гэта групы плоскіх, дыскападобных пузыркоў або цыстэрнаў, якія па краях галінуюцца і ўтвараюць складаную сістэму трубачак і пузыркоў (рыс. 12). Дыктыясомы ў клетках вышэйшых раслін звычайна складаюцца з чатырох—васьмі цыстэрнаў, сабраных разам.

Звычайна ў стосіку дыктыясом адрозніваюць бок, які фарміруецца, і бок, што паспявае. Апошні арыентаваны да паверхні клеткі. Мембраны цыстэрнаў, якія фарміруюцца, па структуры нагадваюць мембраны ЭР, а мембраны цыстэрнаў, што знаходзяцца ў стане паспявання, – плазматычную мембрану.

Дыктыясомы ўдзельнічаюць у сакрэцыі, а ў большасці вышэйшых раслін – ва ўтварэнні клетачных абалонак. Бялковая частка клетачнай абалонкі сінтэзуецца палісомамі шурпатага ЭР, вугляводная – у дыктыясомах, дзе гэтыя часткі аб'ядноўваюцца і ўтвараюцца глікапратэіны (вугляводна-бялковыя злучэнні).

Вакуолі. Гэта абмежаваныя мембранныя ўчасткі клеткі, запоўненыя вадкасцю, якая называецца клетачным сокам. Ад цытаплазматычнага змесціва вакуолі адмежаваны *вакуалярнай мембранай,* або *танапластам.*

Маладая раслінная клетка звычайна ўтрымлівае шматлікія дробныя вакуолі, якія павялічваюцца ў памерах і зліваюцца ў адну вакуолю па меры старэння клеткі. У спелай клетцы да 90 % яе аб'ёму можа складаць вакуоля, у той час як цытаплазма ў выглядзе тонкага перыферычнага пласта прыціснута да клетачнай абалонкі.



Рыс. 12. Комплекс Гольджы:
1 — цыстэрны ў выглядзе дыскаў; *2* — перфарыраваныя цыстэрны

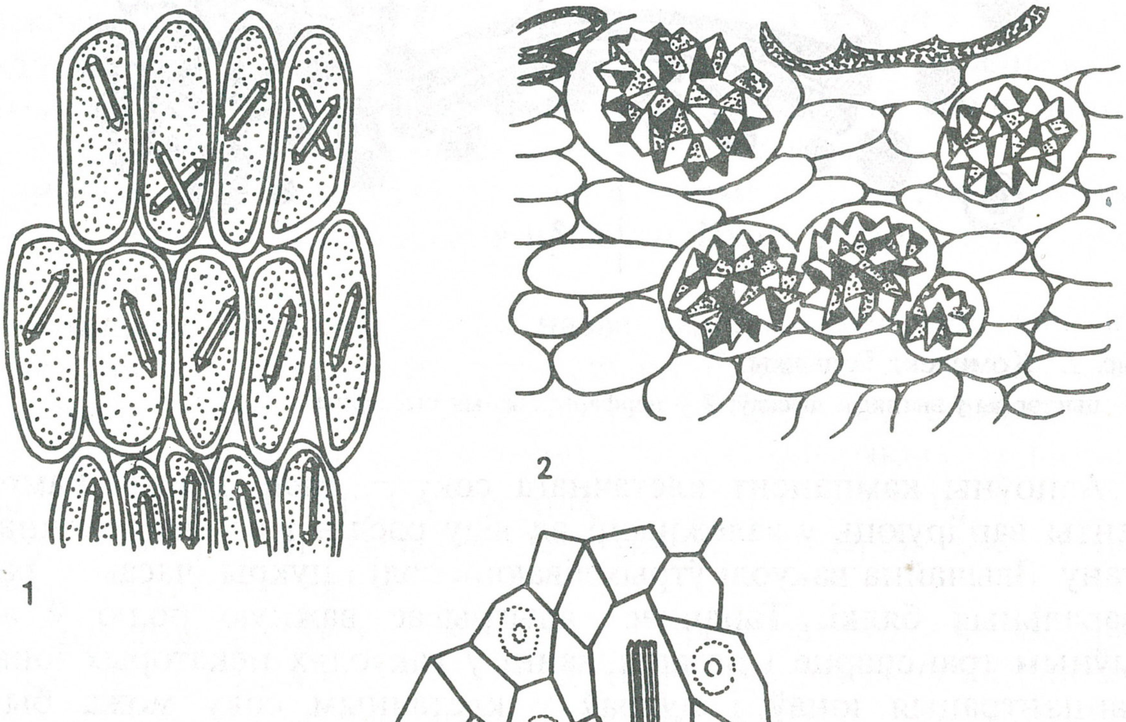
Асноўны кампанент клетачнага соку — *вада*. Іншыя кампаненты вар'іруюць у залежнасці ад віду раслін і яе фізіялагічнага стану. Звычайна вакуолі ўтрымліваюць солі і цукры, часам — растваральныя бялкі. Танапласт адыгрывае важную ролю ў актыўным транспарце і назапашванні ў вакуолях некаторых іонаў. Канцэнтрацыя іонаў і цукраў у клетачным соку можа быць больш высокай, чым у цытаплазме, і, як правіла, вышэй, чым у абалонцы клеткі; танапласт жа значна запавольвае дыфузію з вакуолі гэтых рэчываў і ў той жа час лёгка пранікальны для вады. Таму пры дастатковай насычанасці абалонкі клеткі вадой апошняя будзе паступаць у вакуолю шляхам дыфузіі. Такі аднанакіраваны працэс вады праз выбіральна пранікальную для раствораных рэчываў мембрану называецца *осмасам*.

Вада, што паступае ў клетачны сок, аказвае ціск на пасценны пратапласт, а праз яго і на абалонку, і пры гэтым выклікае напружанне, пругкі яе стан, або *тургор* (ад познелац. turgor — набраканне). Тургор, такім чынам, падтрымлівае пругкасць тканак і забяспечвае захаванне формы сакавітымі органамі (лісцем, неад-

раўнелымі сцёбламі) і іх размяшчэнне ў прасторы, а таксама супраціўленне гэтых органаў механічнаму ўздзеянню розных фактараў (вецер, кроплі дажджу і інш.). Страта тургору выклікае завяданне раслін, што назіраецца пры недахопе вады. Тургорны ціск не толькі падтрымлівае форму неадраўнелых частак раслін, але і з'яўляецца адным з важных фактараў росту клеткі, забяспечвае рост клетак шляхам расцягвання.

Вакуолі – месца назапашвання розных метабалітаў (прадуктаў метабалізму), такіх, напрыклад, як запасныя бялкі ў насенні.

Пры высокім утрыманні некаторых рэчываў у вакуолях утвараюцца крышталі (напрыклад, аксалату кальцыю), якія маюць розную форму (рыс. 13). Вакуолі назапашваюць таксама ядавітыя другасныя прадукты метабалізму, што ўтвараюцца ў цытаплазме (напрыклад, алкалоід нікацін).



Рыс. 13. Крышталі аксалату кальцыю ў вакуолях клетак:
1 — адзіночныя крышталі ў клетках лускі цыбулі; *2* — друзы ў карані рэвеню; *3* — рафіды ў клетках карэнішча купены

У вакуолях часта адкладваюцца пігменты. Блакітны, фіялетавы, пурпурны, цёмна-чырвоны і пунсовы колер надаюць раслінным клеткам пігменты з групы антацыянаў. У адрозненне ад іншых пігментаў антацыяны добра раствараюцца ў вадзе і ўтрымліваюцца ў клетачным соку. Яны вызначаюць чырвоную і блакітную афарбоўку агародніны (радыска, турнэпс, капуста), садавіны (вінаград, вішня, сліва) і мноства кветак (васількі, герані, ружы, півоні і інш.). Часам гэтыя пігменты маскіруюць у лісці хларафіл, як, напрыклад, у дэкаратыўнага чырвонага клёна. Антацыяны фарбуюць асенняе лісце ў ярка-чырвоны колер. Яны ўтвараюцца ў халоднае сонечнае надвор'е, калі ў лісці спыняецца сінтэз хларафілу. Па меры разбурэння хларафілу праяўляюцца антацыяны. У лісці, дзе гэтыя пігменты не ўтвараюцца, пасля разбурэння хларафілу робяцца бачнымі жоўта-аранжавыя карацiноіды хларапластаў.

Вакуолі ўдзельнічаюць у разбурэнні макрамалекул у кругавароце іх кампанентаў у клетцы. Асобныя арганоіды, такія як рыбасомы, мітахондрыі і пластыды, часам апынаюцца ў вакуолях і там разбураюцца.

Мікрацельцы. У клетках сустракаюцца дробныя сферычныя арганоіды, абкружаныя адной мембранай. Іх дыяметр складае 0,5–1,5 мкм. Мікрацельцы ўтрымліваюць гранулярнае змесціва. Гэтыя арганоіды звычайна звязаны з адным або двума ўчасткамі ЭР.

Некаторыя мікрацельцы адыгрываюць важную ролю ў метабалізме гліколевай кіслаты, якая мае непасрэднае дачыненне да фотадыхання (працэс, у ходзе якога на святле паглынаецца кісларод і выкарыстоўваецца на акісленне арганічных рэчываў без утварэння АТФ). Гэтыя цельцы называюцца *пераксісомамі*.

Некаторыя пераксісомы ўтрымліваюць фермент каталазу, якая каталізуе раскладанне пераксісу вадароду на ваду і кісларод. Пераксіс вадароду ўяўляе сабой пабочны прадукт некаторых акісляльных працэсаў, што адбываюцца ў клетцы. Ён вельмі таксічны і таму патрабуе хуткага разбурэння, што і адбываецца з удзелам пераксісом.

Другія мікрацельцы – *гліаксісомы* – утрымліваюць ферменты, неабходныя для пераўтварэння тлушчаў у вугляводы, якое адбываецца ў насенні падчас яго прарастання.

Эргастычныя рэчывы. Гэта «пасіўныя» прадукты пратапласта: запасныя рэчывы або адходы. Яны могуць узнікаць і знікаць у розныя перыяды клетачнага цыклу. Да эргастычных рэчываў адносяцца зярняты крухмалу, алейронавыя зярняты (запасны бя-

лок), антацыянавыя пігменты, ліпідныя кроплі, крышталі, а таксама смолы, камедзі, таніны. Эргастычныя рэчывы могуць уваходзіць у склад абалонкі клеткі, цытаплазмы, арганоідаў ці вакуоляў.

КЛЕТАЧНАЯ АБАЛОНКА

Для раслінных, грыбных і бактэрыяльных клетак характэрны клетачныя абалонкі. Матэрыял для пабудовы гэтых абалонак сакрэтуюць самі клеткі (іх пратапласты). Па хімічным складзе клетачныя абалонкі раслін адрозніваюцца ад клетачных абалонак пракарыётаў, але гэтым структурам уласцівы некаторыя агульныя функцыі, менавіта функцыі апоры і абароны; акрамя таго, і тыя і другія абмяжоўваюць рухомасць клетак. Пры насычэнні клетак вадою абалонкі стрымліваюць неабмежаванае расцягванне плазмалемы і яе разрыў, што папярэджвае разбурэнне клетак. У той жа час жорсткасць клетачных абалонак і супраціўленне расцягванню абумоўлівае тургарасцэнтнасць клетак, калі ў іх асматычным шляхам паступае вада. Гэта ўзмацняе апорную функцыю ва ўсіх раслінах і служыць адзінай крыніцай апоры для травяністых раслін і для такіх органаў, як лісце.

Клетачная абалонка ўтвараецца адразу пасля падзелу клетак. Такая абалонка называецца першаснай. Пазней у выніку адкладвання новых порцый матэрыялу знутры клеткі можа фарміравацца другасная клетачная абалонка.

Першасная клетачная абалонка раслін складаецца з цэлюлозных мікрафібрыл, што размяшчаюцца ў матрыксе, у склад якога ўваходзяць складаныя поліцукрыды. Цэлюлоза таксама ўяўляе сабой поліцукрыд, манамерам якога з'яўляецца глюкоза. У склад аднаго цэлюлознага ланцуга ўваходзіць каля 10 000 астаткаў глюкозы. Асобныя цэлюлозныя ланцугі з дапамогай вадародных сувязяў звязваюцца адзін з другім і ўтвараюць трывалыя пучкі, якія і называюцца *мікрафібрыламі*. Мікрафібрылы, размешчаныя ў матрыксе, утвараюць каркас клетачнай абалонкі.

Матрыкс абалонкі складаецца з поліцукрыдаў, якія падзяляюць звычайна на пекцінавыя рэчывы і геміцэлюлозу ў залежнасці ад растваральнасці ў розных растваральніках пры іх экстракцыі. *Пекцінавыя рэчывы* – гэта змешаная група поліцукрыдаў, пабудаваных такімі монацукрыдамі, як арабіназа і галактаза, галактуронавая кіслата і метылавы спірт. Доўгія малекулы пекцінавых рэчываў бываюць лінейнымі або разгалінаванымі. Сярэдняя пласцінка, якая злучае абалонкі суседніх клетак, складаецца з клейкіх халадцападобных пектатаў магнію або кальцыю.

Геміцэлюлоза – гэта змешаная група поліцукрыдаў, якія раствараюцца ў шчолачах. Да іх адносяцца палімеры ксілозы, галактозы, манозы, глюкозы і глюкаманозы.

У геміцэлюлозы, як і ў цэлюлозы, малекулы маюць форму ланцуга, але яе ланцугі карацей, менш упарадкаваныя і разгалінаваныя.

Клетачныя сценкі ўтрымліваюць ваду: яе тут прыкладна каля 60–70 % агульнай масы абалонкі. Па вольнай прасторы клетачнай абалонкі вада перамяшчаецца без перашкод. Прысутнасць вады аказвае ўплыў на хімічныя і фізічныя ўласцівасці поліцукрыдаў клетачнай абалонкі.

Тып будовы клетачных абалонак можна параўнаць з жалезабетоннымі канструкцыямі, дзе фібрылы цэлюлозы выконваюць ролю жалезнай арматуры, а пекцінавыя рэчывы – ролю бетону.

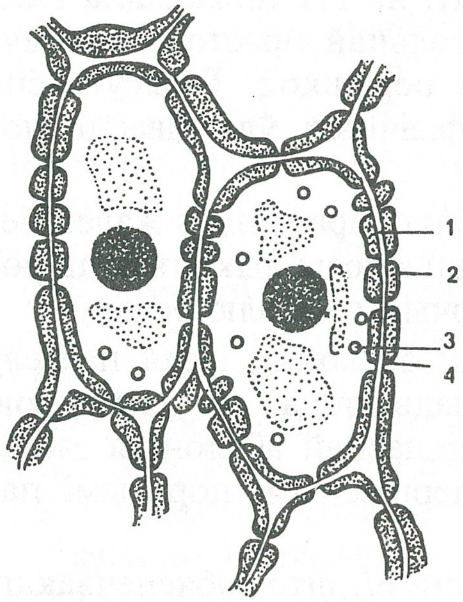
Пры ўтварэнні першаснай клетачнай абалонкі пасля падзелу клеткі мікрафібрылы цэлюлозы адкладваюцца на сярэднюю пласцінку не суцэльным пластом; у першаснай абалонцы застаюцца паглыбленні, якія называюцца першаснымі поравымі палямі.

Абалонкі клетак пранізаны *плазмадэсмамі,* што забяспечваюць цытаплазматычны кантакт паміж суседнімі клеткамі. Плазмадэсмы (ад грэч. desmos – сувязь) уяўляюць сабой тонкія цяжы цытаплазмы, якія звязваюць пратапласты суседніх клетак. Плазмадэсмы размяшчаюцца групоўкамі ці раўнамерна размеркаваны па ўсёй абалонцы. Сабраныя ў групоўкі, яны звычайна прымяркоўваюцца да першасных поравых палёў. Такім чынам, плазмадэсмы праходзяць праз клетачную абалонку ў любым месцы ці засяроджаны на першасных поравых палях. Пад электронным мікраскопам плазмадэсмы відаць як вузкія каналы (дыяметр 30–60 нм), якія высцілае плазматычная мембрана. Па восі канала з адной клеткі ў другую цягнуцца цыліндрычныя трубачкі меншага дыяметра – *дэсматрубачкі*, якія злучаюцца з ЭР абедзвюх сумежных клетак. Лічыцца, што гэтыя структуры забяспечваюць перанос некаторых рэчываў, перадаюць раздражненне з адной клеткі ў другую і г. д. Інакш кажучы, плазмадэсмы забяспечваюць адзінства жыццёвых працэсаў, якія працякаюць ва ўсіх клетках арганізма.

У некаторых клетках (напрыклад, у клетках мезафілу) на працягу жыцця існуе толькі першасная абалонка. Але ў большасці клетак на ўнутраную паверхню першаснай клетачнай абалонкі адкладваюцца дадатковыя пласты цэлюлозы і, такім чынам, узнікае *другасная абалонка* (рыс. 14). Звычайна гэта адбываецца пасля таго, як клетка дасягае свайго максімальнага памеру. У

кожным пласце другаснай абалонкі валокны цэлюлозы размяшчаюцца пад адным і тым жа вуглом, але ў розных пластах гэты вугал розны, што і забяспечвае больш высокую трываласць структуры.

Характэрнай асаблівасцю другаснай абалонкі з'яўляецца тое, што яна накладваецца на першасную не суцэльным пластом; у тых месцах, дзе былі поравыя палі першаснай абалонкі ці ў месцах, не звязаных з першаснымі палямі, элементы другаснай абалонкі не адкладваюцца, у выніку чаго ў другаснай абалонцы застаюцца непатоўшчаныя ўчасткі — поры. Яны супадаюць у суседніх клетках і праз іх ажыццяўляецца абмен паміж клеткамі.



Рыс. 14. Абалонка клетак ліета аспідыстры:
1 — першасная абалонка; *2* — другасная абалонка; *3* — простая пора (у плане); *4* — простая пора (у разрэзе)

Абалонкі некаторых клетак (напрыклад, клетак драўніны) інтэнсіўна лігніфікуюцца (драўнеюць); пры гэтым абалонкі насычаюцца лігнінам — складаным палімерным рэчывам, якое не адносіцца да поліцукрыдаў. У клетках ксілемы (гл. с. 128) лігнін адкладваецца ў выглядзе кольцаў, спіраляў або сетачкі; у іншых выпадках лігніфікацыя бывае суцэльнай, за выключэннем поравых палёў. Лігнін счапляе цэлюлозныя валокны і ўтрымлівае іх на адным месцы. Ён дзейнічае як вельмі цвёрды і жорсткі матрыкс, які ўзмацняе трываласць клетачных абалонак на расцягванне і асабліва на сцісканне. Ён жа забяспечвае клеткам дадатковую ахову ад неспрыяльных фізічных і хімічных уздзеянняў. Разам з цэлюлозай, што застаецца ў клетачных сценках, лігнін надае драўніне тыя асаблівыя якасці, якія робяць яе незаменным будаўнічым матэрыялам.

Абалонкі некаторых клетак здольныя пакрывацца суберынам, і пры гэтым назіраецца акаркавенне. Пакрытыя суберынам клетачныя абалонкі не прапускаюць унутр клеткі вадкасці і газы. Жывое змесціва гэтых клетак адмірае і ўтвараецца корак.

Абалонкі таксама здольныя да *кутынізацыі* — адкладвання тлушчападобнага рэчыва кутына. Кутын адкладваецца на паверхні эпідэрмісу. Ён можа ўтвараць на паверхні лісця і травяністых сцёблаў суцэльны пласт — *кутыкулу*. Кутыкула засцерагае

мяккія часткі расліны ад выпарэння, пранікнення бактэрый і ўздзеяння неспрыяльных фактараў асяроддзя. Яна можа дасягаць значнай таўшчыні, у выніку чаго лісце робіцца бліскучым, шчыльным, скурыстым. Такое шчыльнае лісце ў брусніц, чарніц, камеліі, магоніі і інш.

Абалонкі некаторых клетак здольныя таксама да *аслізнення*. Пры аслізненні клетачныя абалонкі паглынаюць вялікую колькасць вады і моцна набракаюць. Аслізненне можна назіраць у насенні такіх раслін, як лён, гарчыца, шалфей, у клетках водарасцей. Насенне, якое выдзяляе слізь, добра прыліпае да глебы, што садзейнічае яго прарастанню.

Абалонкі клетак часам насычаюцца мінеральнымі солямі, часцей за ўсё вуглякіслым кальцыем і крэменязёмам. З узростам клетак мінералізацыя ўзмацняецца. Клеткі з мінералізаванымі абалонкамі набываюць цвёрдасць і крохкасць. Вялікая колькасць крэменязёму адкладваецца ў абалонках клетак сцёблаў хвашчу, асакі, злакаў.

ПАДЗЕЛ КЛЕТКІ

Размнажэнне клетак адбываецца шляхам іх падзелу. Пры падзеле і далейшым росце клетак назіраюцца рост раслін і павелічэнне іх агульнай масы.

Прычыны, якія выклікаюць падзел клеткі, разнастайныя. Гэта могуць быць парушэнне нармальных суадносін паміж аб'ёмам ядра і цытаплазмы, калі цытаплазма павялічваецца настолькі, што ядро не можа рэгуляваць жыццёвыя працэсы клеткі; змены суадносін паміж аб'ёмам клеткі і агульнай паверхняй клетачнай абалонкі; уздзеянне розных стымулятараў (гармонаў, прадуктаў распаду і інш.). Існуюць тры спосабы падзелу клеткі: мітоз, або карыякінез (непрамы падзел), амітоз і меёз (рэдукцыйны падзел).

Мітоз – найбольш універсальны спосаб падзелу саматычных клетак. Ён уласцівы арганізмам усіх узроўняў эвалюцыйнага развіцця, якія маюць афармленае ядро.

Упершыню мітоз у спорах дзеразы назіраў расійскі навуковец І. Д. Чысцякоў у 1874 г. Дэталёвыя даследаванні паводзін храмасом у мітозе выканалі нямецкі батанік Э. Страсбургер у 1876–1879 гг. на раслінах і нямецкі гістолаг В. Флемінг на жывёлінах.

Сукупнасць самарэгулюючых працэсаў, што адбываюцца ў клетцы ад аднаго падзелу да другога, называецца *мітатычным цыклам*. Мітатычны цыкл складаецца з інтэрфазы і мітозу, якія цесна звязаны паміж сабой; працягласць яго прыкладна 15–30 гадзін. *Інтэрфаза* – найбольш доўгая частка мітатычнага цыкла.

Інтэрфазу падзяляюць на перадсінтэтычны (G_1), сінтэтычны (S) і паслясінтэтычны (G_2) перыяды.

У перыядзе G_1 клетка расце і рыхтуецца да сінтэзу ДНК. У гэты час адбываецца сінтэз РНК, бялкоў, якія неабходны для рэдуплікацыі ДНК.

S-перыяд – галоўны ў клетачным цыкле. У гэтым перыядзе ў клетцы сінтэзуецца ДНК і колькасць яе падвойваецца. Адначасова з сінтэзам ДНК адбываецца сінтэз розных тыпаў РНК і бялку.

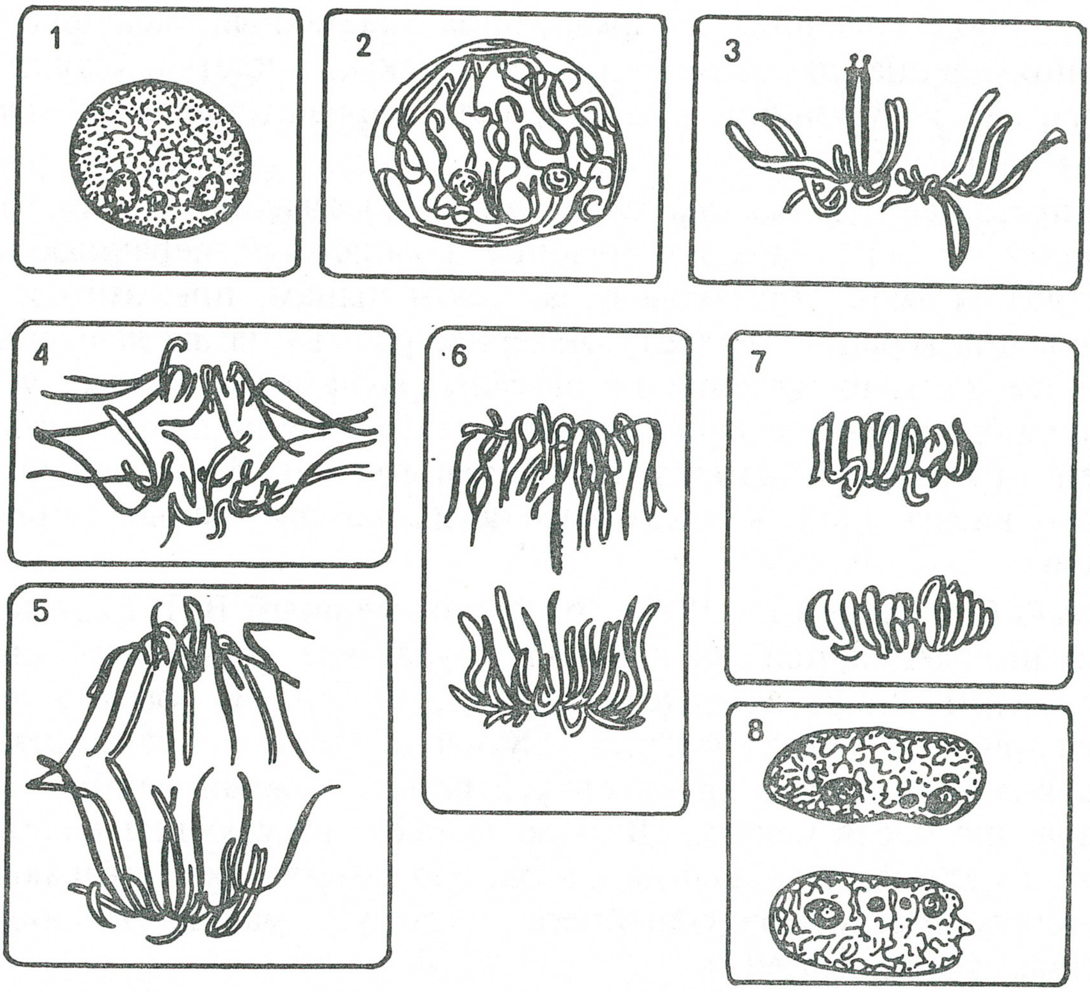
У G_2-перыядзе адбываецца сінтэз РНК і бялкоў, што неабходны для падзелу клеткі, у прыватнасці бялку тубуліну, з якога ўтвараюцца мікратрубачкі.

Пасля G_2-перыяду клетка пачынае дзяліцца. Падзел ядраў шляхам мітозу назіраецца ў конусах нарастання парасткаў і на кончыках каранёў. У гэтых месцах адбываецца бесперапынны падзел клетак. Пры падзеле клетак шляхам мітозу з адной матчынай клеткі ўтвараюцца дзве даччыны, якія набываюць такі ж набор храмасом, што быў у матчынай клетцы да падзелу.

Такім чынам, мітоз мае важны біялагічны сэнс. Пры мітозе адбываецца дакладнае размеркаванне матэрыяльных носьбітаў спадчыннасці – малекул ДНК – паміж даччынымі клеткамі. У даччыных клетках забяспечваецца спадчыннае падабенства з зыходнай матчынай клеткай. Падзел клеткі шляхам мітозу з'яўляецца безупынным працэсам, які ўмоўна падзяляюць на чатыры фазы – прафазу, метафазу, анафазу і тэлафазу (рыс. 15).

Прафаза – самая доўгая фаза мітозу. Пачынаецца яна з таго, што ядро павялічваецца ў аб'ёме. Храмасомы робяцца прыкметнымі ў светлавы мікраскоп у выглядзе клубка нітак, далей яны пакарочваюцца дзякуючы спіралізацыі і патаўшчаюцца. Кожная храмасома складаецца з дзвюх ідэнтычных палавінак – храматыд, якія размяшчаюцца паралельна адна другой і злучаны паміж сабой у вобласці першаснай перацяжкі (цэнтрамеры). У канцы прафазы ў ядры знікае ядзерка і адбываецца фрагментацыя (растварэнне) ядзернай абалонкі. На процілеглых полюсах клеткі адбываецца фарміраванне верацяна падзелу, якое складаецца з мікратрубачак.

У *метафазе* заканчваецца фарміраванне верацяна падзелу, якое мае выгляд падоўжанай бочачкі, складзенай з мікратрубачак двух відаў. Адны мікратрубачкі (полюсныя) цягнуцца ад полюса да полюса клеткі, а другія (храмасомныя) – ад полюсаў да экватара клеткі. Апошнія прымацоўваюцца да цэнтрамер храмасом. У гэты час усе храмасомы размяшчаюцца ў экватарыяльнай плоскасці клеткі.



Рыс. 15. Мітоз у клетках карэньчыка альясу:

1 — інтэрфаза; *2* — прафаза; *3* — метафаза; *4—6* — ранняя, сярэдняя і позняя анафаза; *7* — тэлафаза; *8* — цытакінэз

Анафаза – самая кароткая фаза мітозу. Пачынаецца яна з таго, што цэнтрамеры дзеляцца, і храматыды кожнай храмасомы аказваюцца самастойнымі, не звязанымі адна з другой. У гэты час храмасомныя мікратрубачкі верацяна дзялення слізгаюць уздоўж полюсных мікратрубачак і расцягваюць храматыды кожнай храмасомы ў напрамку полюсаў. Такім чынам кожная храматыда становіцца храмасомай. У кожнага полюса клеткі апынаецца столькі ж храмасом, колькі іх было ў матчынай клетцы.

Канчатковае разыходжанне даччыных храмасом да полюсаў з'яўляецца пачаткам *тэлафазы*. Тэлафаза цалкам уяўляе сабой працэс, адваротны прафазе: знікае верацяно падзелу, храмасомы набухаюць і ўтвараюць шчыльныя згусткі, якія паступова разрыхляюцца і пераходзяць у храмацін. Аднаўляюцца ядзеркі, ядзерная абалонка, пачынае рэканструявацца ядро. Адбываецца падзел цытаплазмы і яе кампанентаў (мітахондрый, комплексу Гольджы, пластыд, рыбасом і інш.), у экватарыяльнай плоскасці ўтвараецца

пасярэдняя пласцінка, фарміруюцца клетачныя абалонкі — ажыццяўляецца цытакінез (падзел клеткі), і клетка ўступае ў інтэрфазу. Зноў узнікшыя ядры і клеткі адрозніваюцца ад зыходных меншымі памерамі.

Амітоз, або *прамы падзел клеткі*, заключаецца ў тым, што змесціва клеткі і ядра падзяляецца з дапамогай перацяжкі без папярэдніх змен структуры ядра. Такім чынам, пры амітозе не ўтвараецца верацяно падзелу. Ядзернае рэчыва паміж даччынымі клеткамі размяркоўваецца не заўсёды раўнамерна, і таму ўтвараюцца біялагічна нераўнацэнныя клеткі. Але яны не страчваюць сваёй структурнай арганізацыі і працягваюць функцыянаваць. Амітоз назіраецца ў клетках высокадыферэнцыраваных і старых тканак.

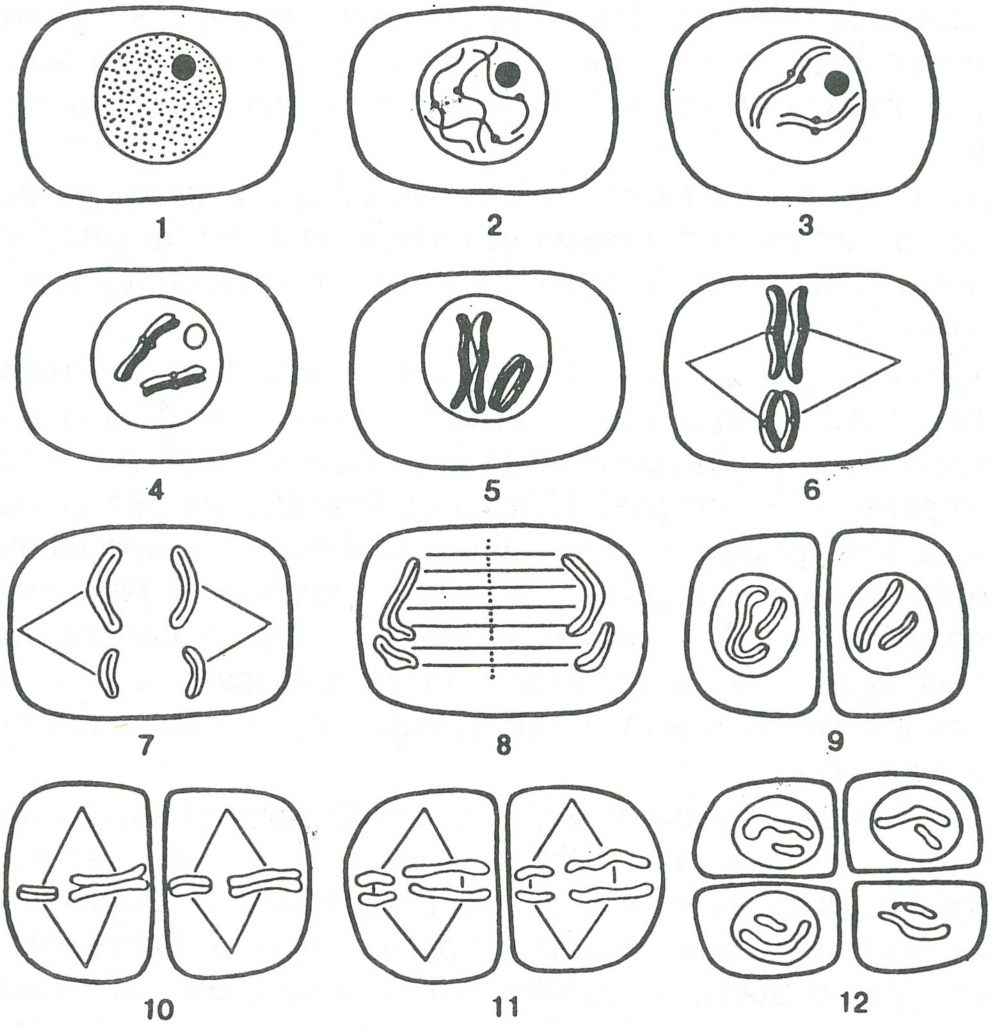
Меёз быў адкрыты ў 1885 г. расійскім вучоным В. І. Бяляевым. Меёз назіраецца толькі ў невялікіх групах клетак, што звязаны з утварэннем спор, а таксама гамет, г. зн. у клетак, якія ўдзельнічаюць у размнажэнні. Сутнасць меёзу — памяншэнне (рэдукцыя) колькасці храмасом у 2 разы ў кожнай клетцы, што ўтвараецца пасля падзелу. Дзякуючы меёзу рэгулюецца пастаянства ліку храмасом. Палавыя клеткі, або гаметы, якія ўтвараюцца ў выніку меёзу (рэдукцыйнага падзелу), маюць гаплоідны (адзінарны) лік храмасом.

У працэсе апладнення, калі адбываецца зліццё дзвюх палавых клетак (жаночай і мужчынскай), лік храмасом падвойваецца, робіцца звычайным, характэрным для дадзенага віду расліны (двайны, або дыплоідны, набор). У выніку меёзу з адной клеткі з дыплоідным ($2n$) наборам храмасом утвараюцца чатыры даччыны клеткі з гаплоідным (n) наборам храмасом.

Меёз з'яўляецца цэласным, непарыўным працэсам і складаецца з двух падзелаў, якія ідуць адзін за адным. Першы падзел складаны. Ён звязаны з памяншэннем (рэдукцыяй) ліку храмасом; яго называюць *рэдукцыйным падзелам*. Меёз, як і мітоз, умоўна можна падзяліць на некалькі фаз (рыс. 16).

Прафаза I — пры падрыхтоўцы да падзелу храмасомы пачынаюць спіралізавацца і набываюць форму доўгіх двайных нітак. Храмасома складаецца з дзвюх храматыд. Гэтая стадыя называецца *лептанемай*. Потым гемалагічныя храмасомы (што нясуць алельныя гены) набліжаюцца адна да другой і ўтвараюць пары — *біваленты*. Гэтая стадыя называецца *зіганемай*. Кожны бівалент, такім чынам, нясе чатыры храматыды, якія размяшчаюцца паралельна адна другой або скрыжоўваюцца паміж сабой і абменьваюцца асобнымі ўчасткамі (гэтая з'ява атрымала назву *красінговер*). У наступнай стадыі, *пахінеме*, храмасомныя ніткі па-

таўшчаюцца і на стадыі *дыпланемы* скарачаюцца. Храмасомы бівалентаў набліжаюцца адна да адной так, што пад мікраскопам не відаць іх парны характар. Разам з гэтым знікае ядзерка і раствараецца ядзерная абалонка, фарміруецца верацяно падзелу. У апошняй стадыі прафазы, *дыякінезе*, біваленты накіроўваюцца ў экватарыяльную плоскасць клеткі.



Рыс. 16. Схема меёзу:
1 — інтэрфаза; *2—5* — прафаза I; *6* — метафаза I; *7* — анафаза I; *8, 9* — тэлафаза I; *10* — метафаза II; *11* — анафаза II; *12* — тэлафаза II

Метафаза I — біваленты размяркоўваюцца ў экватарыяльнай плоскасці клеткі. Кожная храмасома прымацоўваецца цэнтрамерай да мікратрубачак верацяна падзелу.

Анафаза I — мікратрубачкі верацяна расцягваюць храмасомы бівалентаў да полюсаў. Гамалагічныя храмасомы кожнага бівалента разыходзяцца да процілеглага полюса. На кожным полюсе, такім чынам, апынаецца палавінная колькасць храмасом матчынай клеткі. Адбылося памяншэнне (рэдукцыя) ліку храмасом.

У *тэлафазе I* каля полюсаў верацяна збіраецца адзіночны, гаплоідны набор храмасом, у якім кожны від храмасом прадстаўлены ўжо не парай, а адной храмасомай, якая складаецца з дзвюх храматыд. Вакол храмасом утвараецца ядзерная абалонка, пасля чаго мацярынская клетка дзеліцца на дзве даччыны.

Такім чынам, утварэнне бівалентаў пры кан'югацыі гамалагічных храмасом у прафазе I меёзу спрыяе ў далейшым рэдукцыі ліку храмасом. Фарміраванне гаплоіднага набору ў гаметах забяспечваецца разыходжаннем у анафазе I не храматыд, як у мітозе, а гамалагічных храмасом, якія раней аб'ядноўваліся ў бівалент.

Другі меятычны падзел адбываецца адразу пасля першага і нагадвае звычайны мітоз (таму яго часта называюць мітозам меёзу), толькі клеткі, якія ўступаюць у яго, утрымліваюць гаплоідны набор храмасом.

Прафаза II звычайна не працяглая. У метафазе II утвараецца верацяно падзелу, храмасомы выштурхоўваюцца ў экватарыяльную плоскасць і цэнтрамерамі прымацоўваюцца да мікратрубачак верацяна. У анафазе II ажыццяўляецца падзел іх цэнтрамер і кожная храматыда становіцца самастойнай храмасомай. З дапамогай верацяна падзелу даччыны храмасомы расцягваюцца да полюсаў клеткі. У тэлафазе II завяршаецца разыходжанне сястрынскіх храмасом да полюсаў. Далей адбываецца падзел клетак: з дзвюх гаплоідных клетак утвараюцца чатыры гаплоідныя даччыны клеткі.

Такім чынам, у выніку меёзу з адной дыплоіднай мацярынскай клеткі ўтвараюцца чатыры клеткі з гаплоідным наборам храмасом. Акрамя таго, у прафазе I меёзу адбываецца перакамбінацыя генетычнага матэрыялу (красінговер), а ў анафазе – выпадковае разыходжанне гамалагічных храмасом да аднаго ці другога полюса клеткі, што з'яўляецца прычынай камбінатыўнай зменлівасці. Гэта забяспечвае з'яўленне разнастайнага і разнаякаснага патомства пры палавым размнажэнні арганізмаў, што надае пластычнасць кожнаму віду жывых істот у зменлівых умовах існавання.

РАЗНАСТАЙНАСЦЬ ЖЫВЫХ АРГАНІЗМАЎ

Лічыцца, што ў свеце існуе 2—2,5 млн відаў жывых арганізмаў і не менш за 500 млн відаў вымерла ў мінулыя геалагічныя эпохі. Таму пазнанне разнастайнасці жывога застаецца адной з самых істотных задач біялогіі. Без надзейнай сістэмы класіфікацыі мы адчувалі б сябе ў складаным свеце жывога, як у бібліятэцы без каталогу. Класіфікацыяй жывых арганізмаў займаецца навука *сістэматыка* (ад грэч. systematikos — упарадкаваны).

У задачы сучаснай сістэматыкі ўваходзяць выяўленне, апісанне, класіфікацыя і групаванне арганізмаў у сістэму. Прычым аднясенне арганізма да той ці іншай групы ажыццяўляецца не толькі на аснове іх падабенства або адрознення, але і з улікам эвалюцыйных узаемаадносін паміж арганізмамі, якія групуюцца, і іх продкамі.

Вядома вялікая колькасць сістэм жывучых і выкапнёвых арганізмаў і асобных груп (таксонаў). Першыя сістэмы з'явіліся ў IV ст. да н. э. Яны былі штучнымі, паколькі будаваліся на аснове якой-небудзь адной з нямногіх прыкмет, часцей за ўсё марфалагічных.

Прыкладна ў 350 г. да н. э. Арыстоцель распрацаваў першую штучную сістэму класіфікацыі. Яна была заснавана на марфалагічных і некаторых фізіялагічных прыкметах. Аднак у той час не існавала агульнапрынятых назваў для розных раслін і жывёлін. Адны і тыя ж арганізмы атрымлівалі часам розныя назвы, і наадварот, часта вельмі адрозныя паміж сабой істоты былі вядомы пад адной і той жа назвай.

Адна з найбольш вядомых і агульнапрынятых штучных сістэм створана шведскім натуралістам К. Лінеем (1707–1778). У сваёй сістэме К. Лінэй выкарыстаў бінарную наменклатуру, згодна з якой кожны арганізм ідэнтыфікуецца па родзе і відзе. У той час лацінская мова была мовай адукаваных еўрапейцаў, назва роду і віду давалася на лацінскай мове, напрыклад казялец едкі – Ranunculus acer, шыпшына – Rosa canina, фасоля звычайная – Phaseolus vulgaris, фасоля агніста-чырвоная – Phaseolus coccineus і г. д. У выніку кожная расліна або жывёліна атрымала толькі адну назву, якая была зразумелая навукоўцам усіх краін.

Штучныя сістэмы існавалі да канца XVIII ст. На змену ім прыйшлі натуральныя сістэмы; пры распрацоўцы іх улічваліся шмат якія прыкметы, а таксама роднасць паміж групамі арганізмаў. Натуральная сістэма раслін створана французскім натуралістам А. Жусье (1748–1836); жывёлін – Ж. Б. Ламаркам (1744–1829), знакамітым французскім батанікам і заолагам, які распрацаваў таксама першае эвалюцыйнае вучэнне.

Філагенетычныя сістэмы з'явіліся ў канцы XIX ст. Яны пабудаваны не толькі на падабенстве, адрозненні арганізмаў, іх роднасці, але галоўным чынам адлюстроўваюць гістарычнае развіццё арганізмаў, іх філагенетычныя сувязі.

Сусветную вядомасць атрымалі філагенетычныя сістэмы нямецкага батаніка А. Энглера (1844–1930), аўстрыйскага батаніка Р. Ветштэйна (1863–1931), амерыканскага навукоўца Дж. Хатчынсона, расійскага батаніка А. Л. Тахтаджана (н. у 1910), Р. Вітакера і іншых.

Згодна з сістэмай Р. Вітакера (1969), усе жывыя арганізмы падзяляюцца на 5 царстваў – Бактэрыі, Пратысты, Грыбы, Расліны і Жывёліны.

Кожнае царства падзяляецца на аддзелы (або тыпы – для жывёлін). Кожны аддзел уяўляе сабой групу арганізмаў, падобных па галоўных прыкметах. Аддзел у сваю чаргу падзяляецца на класы, класы – на парадкі (або атрады), парадкі – на сем'і, сем'і – на роды, роды – на віды. Кожны таксон ахоплівае ўсё меншую і меншую колькасць арганізмаў, і ўрэшце рэшт у апошнім таксоне застаюцца асобіны, якія належаць да аднаго віду.

Разгледзім, напрыклад, размяшчэнне ў сістэме некаторых відаў:

Таксанамічныя катэгорыі	*Таксоны*
Царства	Расліны
Аддзел	Пакрытанасенныя

Клас	Двухдольныя		
Парадак	Казяльцовыя		
Сям’я	Казяльцовыя		
Род	казялец	пылюшнік	кураслеп
Від	К. валасісты	П. водазборалісты	К. дуброўны
	К. едкі	П. жоўты	К. лясны
	К. пякучы	П. малы	К. казяльцовы
	К. цвёрдалісты	П. просты	
	К. залацісты	П. светлы	
	К. ілірыйскі		
	К. Кауфмана		
	К. кашубскі		
	К. паўзучы і інш.		

Асноўнай адзінкай класіфікацыі з’яўляецца від. Згодна з У. Л. Камаровым (1940), від ёсць сукупнасць пакаленняў, якія паходзяць ад агульнага продка і пад уплывам асяроддзя і барацьбы за існаванне адасобленыя адборам ад астатняга свету жывых істот.

Па сучасным вызначэнні, *від* — гэта гістарычна складзеная група папуляцый асобін, якія злучаюцца паміж сабой з утварэннем пладавітых нашчадкаў, што займаюць дадзены геаграфічны арэал, маюць шэраг марфалагічных і іншых прыкмет і тыпаў узаемаадносін з абіятычным і біятычным асяроддзем, адрозніваюцца ад другіх такіх жа груп асобін практычна поўнай адсутнасцю гібрыдных формаў.

У адрозненне ад таксонаў больш высокага рангу віды характарызуюцца падабенствам усіх істотных прыкмет.

Па структуры віды нераўнацэнныя. Адрозніваюць маладыя віды, якія зачынаюцца; віды, якія выміраюць, і квітнеючыя, якія знаходзяцца на шляху вымірання, памяншаюцца як па колькасці асобін, так і па плошчы іх пашырэння (арэала). Маладыя віды рассяляюцца, паступова пашыраецца іх арэал, рэзка павялічваецца іх колькасць.

Часта віды падзяляюцца на больш дробныя катэгорыі: падвіды і разнавіднасці, або варыяцыі. Кожны падвід характарызуецца пэўным арэалам (вобласцю пашырэння), які адасоблены ад арэалаў другіх падвідаў дадзенага віду. Разнавіднасці не маюць адасобленых арэалаў.

У раслінаводстве выкарыстоўваецца паняцце «гатунак». *Гатунак* — гэта група асобін аднаго віду, якая адрозніваецца дробнымі спадчынна закрэпленымі прыкметамі ад другіх асобін таго ж віду. Важнымі прыкметамі гатунку побач з марфалагічнымі

адрозненнямі з'яўляюцца гаспадарча каштоўныя, такія як ураджайнасць, устойлівасць на захворванні і інш.

Групы, аналагічныя гатункам раслін, у бактэрый і грыбоў называюцца *штамамі,* а ў жывёлін — *пародамі.*

БАКТЭРЫІ

Агульная характарыстыка. Бактэрыі — найбольш старажытная група жывых арганізмаў на Зямлі. Выкапнёвыя бактэрыі знойдзены ў самых старажытных асадачных пародах у Паўночнай і Паўднёвай Амерыцы, Заходняй Аўстраліі (узрост парод складае каля 3,5 млрд гадоў).

Бактэрыі адносяцца да пракарыётаў. Гэта самыя распаўсюджаныя арганізмы ў прыродзе. Яны жывуць у глебе, вадзе, паветры, у прадуктах харчавання (асабліва малочных), на знешнім покрыве раслін і жывёлін, а таксама ўнутры жывых і ў целах мёртвых арганізмаў. Іх можна знайсці нават у гарачых крыніцах, дзе яны жывуць пры тэмпературы каля 60—80 °С. Вядомы бактэрыі, якія існуюць пры высокім ціску каля глыбакаводных вулканічных кратэраў пры тэмпературы вышэй за 360 °С.

Разнастайныя бактэрыі выяўлены ў вадзе халодных мораў. Яны доўгі час могуць захоўваць жыццяздольнасць пры адмоўных тэмпературах (ад -7 да -14 °С); пры нязначным павышэнні тэмпературы набываюць актыўнасць і хутка пачынаюць размнажацца.

З дапамогай аэразондаў бактэрыі выяўлены на вышыні 30—40 км над зямлёй.

Колькасць бактэрый цяжка ацаніць: у 1 г ураджайнай глебы можа знаходзіцца да 100 млн, а ў 1 см^3 сырадою — звыш 3000 млн бактэрый. Вельмі шмат іх у вадзе мораў і акіянаў. Вызначана, што 90 % усёй біямасы акіяна складаюць бактэрыі.

Такім чынам, месцазнаходжанне бактэрый надзвычай разнастайнае; дзякуючы спецыфіцы абмену рэчываў некаторыя групы бактэрый здольныя выжываць там, дзе не можа існаваць ніводны іншы арганізм.

Некаторыя бактэрыі з'яўляюцца аблігатнымі анаэробамі, г. зн. існуюць толькі ў адсутнасці кіслароду. Другія — факультатыўныя анаэробы — могуць існаваць без кіслароду, але лепей развіваюцца ў яго прысутнасці.

Вывучэннем бактэрый займаецца навука *бактэрыялогія*, якая з'яўляецца састаўной часткай мікрабіялогіі.

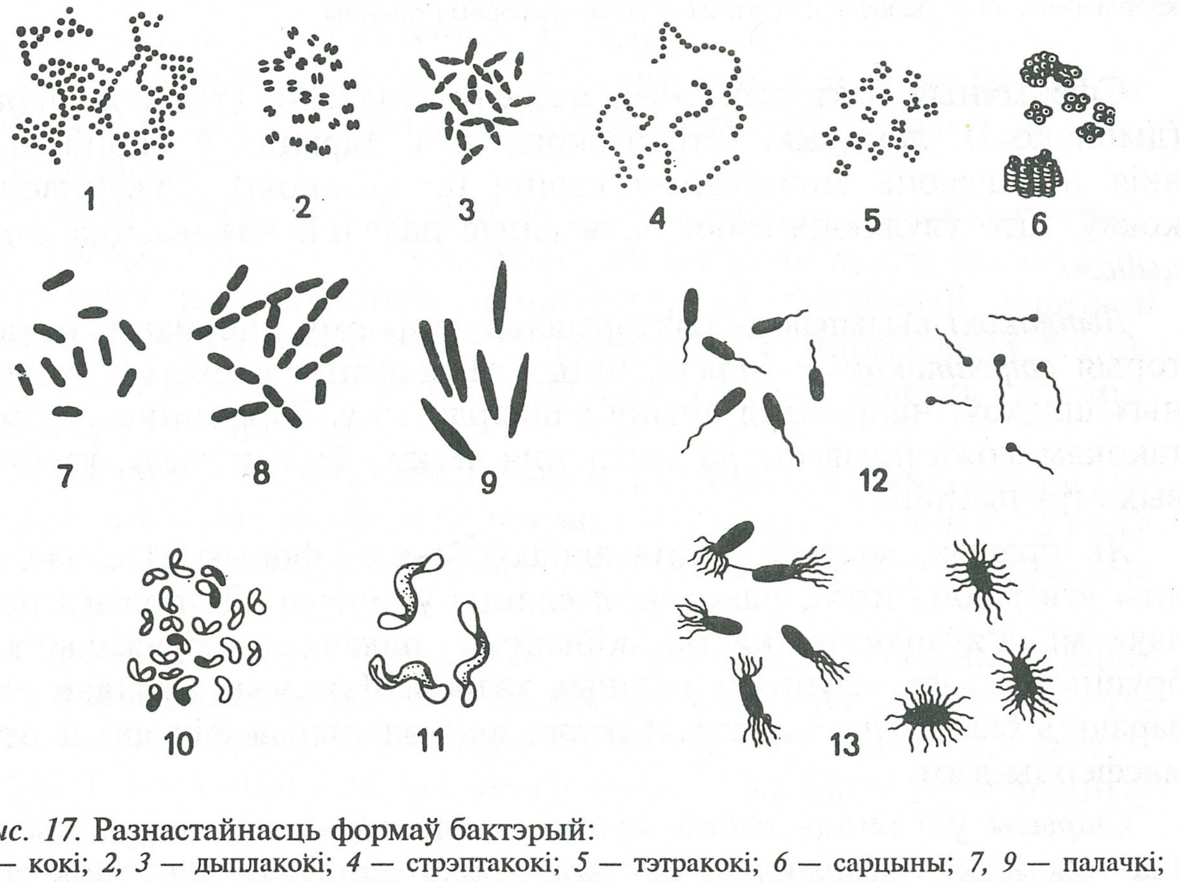
Бактэрыі — гэта найдрабнейшыя арганізмы, якія маюць клетачную будову. Дыяметр бактэрыяльнай клеткі ў сярэднім скла-

дае 1 мкм (1000 мкм = 1 мм). Памеры клетак розных відаў бактэрый знаходзяцца ў межах 0,1—10 мкм.

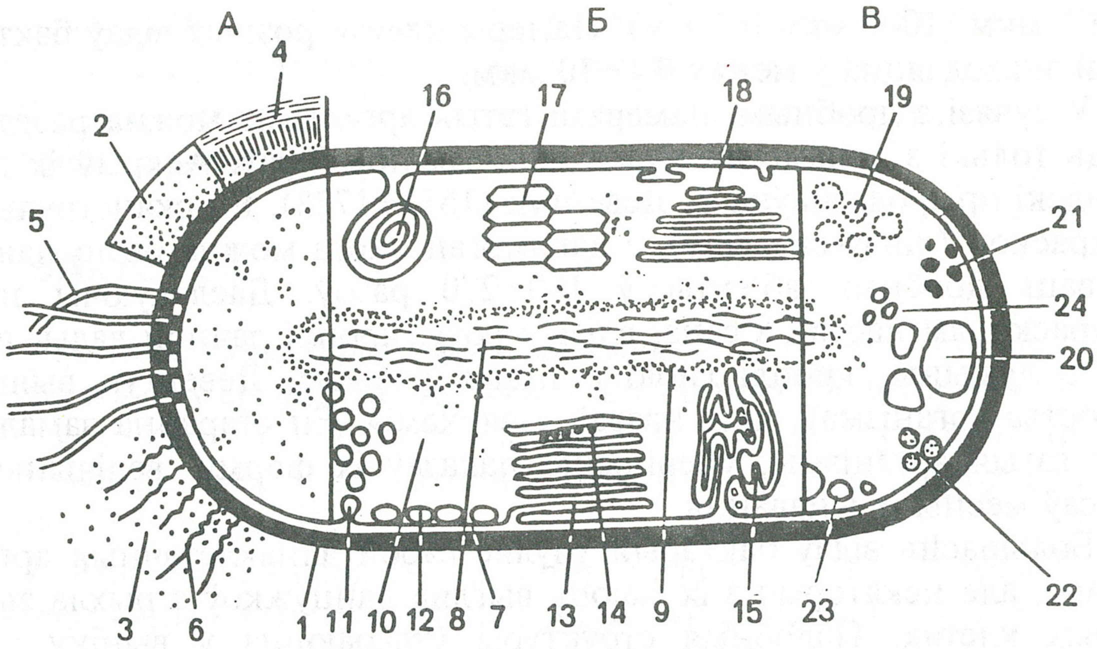
У сувязі з дробнымі памерамі гэтыя арганізмы можна разглядаць толькі з дапамогай павелічальных прыбораў. Адкрыў іх галандскі прыродазнаўца А. Левенгук (1632—1723). Ён сканструяваў мікраскоп (лінзу-сачавіцу), з дапамогай якога можна было павялічваць дробныя аб'екты ў 160—270 разоў. Даследуючы пад мікраскопам настой з сена, слізь з роту, кроплі рачной вады, вады з лужыны, кроплі гною і іншыя рэчывы, Левенгук выявіў мноства арганізмаў, якія назваў «звяркамі». Ён старанна замаляваў гэтыя арганізмы, упершыню паказаў іх форму, велічыню і апісаў месцы іх існавання.

Большасць відаў бактэрый уяўляе сабой аднаклетачныя арганізмы, але некаторыя з іх маюць выгляд ланцужкоў з рыхла звязаных клетак. Падобныя структуры ўтвараюцца ў выніку няпоўнага раздзялення клетачных абалонак пасля падзелу клетак; у некаторых выпадках група клетак пакрываецца агульнай слізістай капсулай, або абалонкай.

Па форме адрозніваюць чатыры асноўныя тыпы клетак: шарападобныя (кокі), палачкападобныя (палачкі), спіралепадобныя (спірылы) і выгнутыя ў выглядзе коскі (вібрыёны; рыс. 17).



Рыс. 17. Разнастайнасць формаў бактэрый:
1 — кокі; *2, 3* — дыплакокі; *4* — стрэптакокі; *5* — тэтракокі; *6* — сарцыны; *7, 9* — палачкі; *8* — ланцужок палачак; *10* — вібрыёны; *11* — спірылы; *12* — жгуцікавыя формы; *13* — расністыя формы



Рыс. 18. Схема будовы бактэрыяльнай клеткі:

А — паверхневыя клетачныя структуры і пазаклетачныя ўтварэнні: *1* — клетачная абалонка; *2* — капсула; *3* — слізевыя выдзяленні; *4* — чахол; *5* — жгуцікі; *6* — варсінкі; *Б* — цытаплазматычныя клетачныя структуры: *7* — цытаплазматычная мембрана; *8* — нуклеоід; *9* — рыбасомы; *10* — цытаплазма; *11* — фотасінтэзуючыя ўтварэнні; *12* — хларасомы; *13* — пласціністыя тылакоіды; *14* — фікабілісомы; *15* — трубчастыя тылакоіды; *16* — мезасома; *17* — аэрасома (газавыя вакуолі); *18* — ламелярныя ўтварэнні; *В*— клетачныя ўключэнні: *19* — поліцукрыдныя гранулы; *20* — гранулы маслянай кіслаты; *21* — гранулы поліфасфату; *22* — кроплі алею; *23* — уключэнні серы; *24* — вуглевадародныя гранулы

Сферычныя бактэрыі пасля падзелу здольныя ўтвараць пары (дыплакокі), ланцужкі (стрэптакокі) або збірацца ў скопішчы, якія нагадваюць вінаградныя гронкі (стафілакокі). Сукупнасць кокаў, што ўяўляюць сабой шчыльныя палачкі, называецца *сарцынамі*.

Дыплакокі вызываюць бактэрыяльную форму пнеўманіі, некаторыя *стрэптакокі* — інфекцыйныя захворванні верхніх дыхальных шляхоў, напрыклад ангіну і шкарлятыну. Заражэнне стрэптакокам можа прывесці да запалення лёгкіх, фурункулёзу, харчовых атручванняў.

Як правіла, *палачкі* — гэта аднаклетачныя формы, але часам яны ўтвараюць ніткі, паколькі дзеляцца ўпоперак. Тыповымі палачкамі з'яўляюцца клеткі кішачнай палачкі, узбуджальніка брушнога тыфу, слупняку і іншых хвароб. Ланцужкі палачак утвараюць бактэрыі роду азотабактэр, якія здольныя фіксаваць атмасферны азот.

Спірылы ўяўляюць сабой клеткі, якія спіральна закручаны ў два-тры віткі (напрыклад, бактэрыі роду спірыла). Да спірылаў блізкія па форме клетак спірахеты (напрыклад, трэпанема — уз-

буджальнік сіфілісу), але спірахеты адрозніваюцца спосабам перамяшчэння.

Кароткія палачкі, выгнутыя ў выглядзе коскі, атрымалі назву *вібрыёнаў* (напрыклад, узбуджальнік халеры).

Бактэрыі – арганізмы з прымітыўнай арганізацыяй клетак. Будова бактэрыяльнай клеткі схематычна адлюстравана на рыс. 18. Клетка бактэрый пабудавана вельмі проста, асабліва ў параўнанні з клеткамі эўкарыётаў.

Звонку бактэрыяльная клетка апранута *абалонкай* таўшчынёй 10–80 нм (у залежнасці ад віду бактэрый). Аснову абалонак складае рэчыва *мурэін*, малекулы якога ўяўляюць сабой правільную сетку з паралельна размешчаных поліцукрыдных ланцугоў. Гэтыя ланцугі звязаны адзін з адным кароткімі амінакіслотнымі ланцугамі. У склад абалонак некаторых бактэрый уваходзяць таксама ліпіды.

Абалонка надае клетцы пэўную форму і цвёрдасць, а таксама процідзейнічае асматычнаму набуханню і разрыву клетак, калі апошнія трапляюць у гіпатэнічнае асяроддзе. Вада і іншыя невялікія малекулы, а таксама іоны лёгка пранікаюць праз клетачную абалонку, але яна затрымлівае буйныя малекулы бялкоў і нуклеінавых кіслот. Акрамя таго, клетачная абалонка валодае антыгеннымі ўласцівасцямі, якія вызначаюцца бялкамі і поліцукрыдамі, што ўваходзяць у яе склад.

Звонку абалонка пакрытая слізістай капсулай, якая ўяўляе сабой дадатковыя ахоўныя пласты. Капсула складаецца з малекул поліцукрыдаў.

Пад абалонкай унутры клеткі размяшчаецца густая цытаплазма. *Цытаплазма* клетак бактэрый, як і клетак другіх арганізмаў, абкружана плазматычнай мембранай, на ўнутранай паверхні якой размяшчаюцца шматлікія ферменты. У многіх відаў бактэрый плазматычная мембрана ўпячваецца ўнутр клеткі і ўтварае мезасомы (гл. рыс. 18).

Мезасомы – гэта складкаватыя мембранныя структуры, на паверхні якіх знаходзяцца ферменты, што ўдзельнічаюць у працэсе дыхання. Па сутнасці, мезасомы ўяўляюць сабой прымітыўныя арганоіды.

У фотасінтэзуючых бактэрый плазматычная мембрана ўтварае мяшочкападобныя, трубчастыя або пласціністыя ўпячванні, дзе знаходзяцца фотасінтэтычныя пігменты (напрыклад, бактэрыяфіл) і ажыццяўляецца фотасінтэз. Падобныя мембранныя ўтварэнні ўдзельнічаюць у фіксацыі азоту.

У цытаплазме размяшчаецца вялікая колькасць рыбасом, а таксама дробныя гранулы глікагену, бялкоў і ліпідаў.

Клеткі бактэрый не маюць аформленага ядра. ДНК бактэрый уяўляе сабой адзіночныя двухланцуговыя кальцавыя малекулы, не звязаныя з гістонавымі бялкамі. ДНК размяшчаецца ў цытаплазме.

Рух бактэрый. Нягледзячы на простую арганізацыю, бактэрыі рэагуюць на пэўныя раздражняльнікі і здольныя да перамяшчэння. Рух бактэрый ажыццяўляецца з дапамогай жгуцікаў (аднаго, некалькіх ці шматлікіх); жгуцікі пакрываюць або ўсю паверхню клеткі, або лакалізаваны на адным з яе канцоў. Бязжгуцікавыя бактэрыі перамяшчаюцца за кошт выкідвання слізі і праштурхоўвання (слізгання) або за кошт кручэння вакол сваёй восі.

Некаторыя бактэрыі на клетачнай абалонцы маюць палачкападобныя вырасты, якія называюцца *фімбрыямі* або *пілямі*. Гэтыя ўтварэнні карацей і танчэй за жгуцікі і выконваюць функцыю прымацавання клетак адна да адной або да якой-небудзь паверхні.

Прыстасаванне да неспрыяльных умоў. Калі надыходзяць неспрыяльныя да жыццядзейнасці ўмовы, шмат якія бактэрыі ўтвараюць споры, устойлівыя да нізкіх і высокіх тэмператур і абязводжвання. Споры ўтвараюцца шляхам падзелу цытаплазмы клеткі на дзве або большую колькасць частак з наступным утварэннем вакол участка цытаплазмы, які ўтрымлівае ДНК, і шчыльнай споравай абалонкі. Такія споры захоўваюць здольнасць да прарастання дзесяткі і нават сотні гадоў. Напрыклад, бацылы сібірскай язвы ў стане спор застаюцца жыццяздольнымі на працягу 30 гадоў.

Размнажэнне. Асноўным шляхам размнажэння бактэрый з'яўляецца бясполы. Кожная клетка павялічваецца ў памерах і дзеліцца простым падзелам на дзве. Падчас падзелу плазматычная мембрана і клетачная абалонка ўпячваюцца ўнутр клеткі і ўрэшце рэшт перашнуроўваюць яе папалам. Перад клетачным падзелам адбываецца рэплікацыя ДНК, і кожная даччына клетка атрымлівае ідэнтычную малекулу ДНК.

Бактэрыяльныя клеткі ў спрыяльных умовах здольныя дзяліцца вельмі хутка, праз кожныя 20–30 хвілін. Адна бактэрыяльная клетка пры аптымальных умовах праз суткі можа ўтвараць такую колькасць бактэрый, што сумарная маса іх склала б каля 1 800 000 кг. Але для такога інтэнсіўнага размнажэння, як правіла, не хапае пажыўных рэчываў.

Неспрыяльныя ўмовы навакольнага асяроддзя таксама стрымліваюць размнажэнне бактэрый. Большасць іх гіне на сонечным святле. Акрамя таго, у працэсе жыццядзейнасці бактэрый утвараюцца прадукты распаду, якія таксама стрымліваюць іх размнажэнне.

У бактэрый вельмі рэдка назіраецца палавы працэс у самай прымітыўнай форме. Ён адрозніваецца ад палавога працэсу эўкарыётаў тым, што ў бактэрый не ўтвараюцца гаметы. Пры палавым працэсе ў бактэрый назіраецца так званая *генетычная рэкамбінацыя,* г. зн. абмен генетычным матэрыялам паміж дзвюма клеткамі. Частка ДНК (вельмі рэдка ўся ДНК) адной клеткі пераносіцца ў другую і далучаецца да ДНК другой клеткі. Такім чынам, утвараецца ДНК, якая ўтрымлівае гены абедзвюх бацькоўскіх клетак. Пры наступным падзеле клеткі, якія ўтрымліваюць такую гібрыдную ДНК, утвараюцца нашчадкамі з адрознай разнастайнасцю прыкмет.

Жыўленне. Большасць бактэрый — гетэратрофы. Яны няздольныя да сінтэзу арганічных злучэнняў з простых неарганічных рэчываў і паглынаюць гатовую арганічную ежу. Самая вялікая група гетератрофных бактэрый — сапрабіёнты. *Сапрабіёнты* (ад грэч. sapros — гнілы і biōn — элемент жыцця) — гэта арганізмы, якія выкарыстоўваюць для жыўлення арганічныя рэчывы мёртвых цел або выдзяленні (экскрэменты) жывёлін. Сапрабіёнты выдзяляюць ферменты ў арганічнае рэчыва, і таму пераўтраўленне адбываецца па-за межамі іх арганізма. Прадукты, якія пры гэтым утвараюцца, усмоктваюцца ўсёй паверхняй цела і засвойваюцца сапрабіёнтам.

Бактэрыі і грыбы-сапрабіёнты складаюць групу рэдуцэнтаў (разбуральнікаў) арганічнага рэчыва. Яны ажыццяўляюць раскладанне арганікі і забяспечваюць кругаварот рэчываў у прыродзе.

Некаторыя гетэратрофныя бактэрыі раскладаюць арганічныя рэчывы толькі пры ўкараненні ў жывыя арганізмы. Такія бактэрыі адносяцца да паразітаў. Гэта хваробатворныя формы, якія парушаюць нармальны ход фізіялагічных працэсаў арганізма-гаспадара і вызываюць сур'ёзныя захворванні.

Сярод гетэратрофных бактэрый сустракаецца невялікая група *сімбіёнтаў*, якія жывуць таксама ўнутры іншых арганізмаў і існуюць за іх кошт, але ў адрозненне ад паразітаў прыносяць гаспадару істотную карысць. Прыкладам могуць служыць бактэрыі роду рызобіум, што існуюць унутры клетак каранёў стручкавых раслін і фіксуюць атмасферны азот. На каранях соі, лубіну, гароху, фасолі, люцэрны і іншых раслін з сям'і стручкавых утвараюцца характэрныя ўздуцці — клубеньчыкі, якія знікаюць пад уздзеяннем бактэрый. Гэта сімбіятычная сувязь, пры якой расліна атрымлівае ад бактэрый азот у форме нітратаў, а бактэрыі ў сваю чаргу карыстаюцца энергетычнымі запасамі раслін і атрымліваюць ад іх вугляводы і іншыя пажыўныя рэчывы.

Другі прыклад — кішачная палачка, якая існуе ў кішэчніку чалавека і прадуцыруе, па ўсёй верагоднасці, арганізму чалавека вітаміны групы В і К.

Сімбіёнтамі з'яўляюцца бактэрыі, якія існуюць у страўнікава-кішачным тракце жвачных жывёлін. Гэтыя бактэрыі гідралізуюць цэлюлозу да цукрозы, якая неабходна арганізму-гаспадару; у адваротным выпадку гэтыя жывёліны не змаглі б выкарыстоўваць у ежу траву і лісце дрэў, багатых цэлюлозай. Да гэтай групы адносяцца і бактэрыі, што існуюць у стрававальным тракце тэрмітаў і выконваюць тую ж ролю, што і ў страўнікава-кішачным тракце жвачных жывёлін.

Частка бактэрый з'яўляецца аўтатрофамі. Яны маюць здольнасць самастойна сінтэзаваць арганічныя рэчывы з неарганічных. У залежнасці ад крыніцы энергіі, якая выкарыстоўваецца пры сінтэзе рэчываў, выдзяляюць фотасінтэзуючыя і хемасінтэзуючыя бактэрыі.

Бактэрыі, якія ажыццяўляюць фотасінтэз, утрымліваюць у сваім складзе пігмент хларафіл (бактэрыяфілы *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g;* хларафіл *a* ў цыянабактэрый) і іншыя пігменты (жоўтыя і чырвоныя — караціноіды ў пурпурных бактэрый, сіні — фікацыян і чырвоны — фікаэрытрын у цыянабактэрый), неабходныя для фотасінтэзу; крыніцай энергіі для працэсаў фотасінтэзу з'яўляецца сонечнае святло.

Фотасінтэз у цыянабактэрый адбываецца ў цытаплазме на шматлікіх мембранах, якія з'яўляюцца па сутнасці тылакоідамі, што аналагічныя тылакоідам раслін, аднак яны не арганізаваныя ў хларапласты. Крыніцай атамаў вугляроду для фотасінтэзу з'яўляецца вуглякіслы газ, для атамаў вадароду — вада. Запасным пажыўным рэчывам цыянабактэрый, як і іншых бактэрый, з'яўляецца глікаген.

Для зялёных і пурпурных серабактэрый злучэнні серы выконваюць у працэсе фотасінтэзу тую ж ролю, што і вада для арганізмаў, якія ўтрымліваюць хларафіл *a*. У выніку гэтага працэсу ўтвараецца арганічнае рэчыва і адкладваецца сера. Фотасінтэз такіх бактэрый можна выразіць наступным сумарным ураўненнем:

$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{бактэрыяфіл}]{\text{святло}} (CH_2O) + 2S + H_2O.$$

Для пурпурных нясерных бактэрый у рэакцыях фотасінтэзу крыніцай атамаў вадароду з'яўляюцца спірты, тлушчавыя кіслоты і кетакіслоты.

Хемасінтэзуючыя арганізмы (хемааўтатрофы) – гэта бактэрыі, якія ў якасці атамаў вугляроду выкарыстоўваюць вуглякіслы газ, а энергію для ажыццяўлення сінтэтычных рэакцый атрымліваюць не ад сонца, а шляхам акіслення неарганічных рэчываў (азоту, серы, аміяку, вадароду, нітратаў і злучэнняў жалеза). Напрыклад, серабактэрыі акісляюць серу да іонаў SO_4^{2-}, нітрыфіцыруючыя бактэрыі акісляюць аміяк і пераводзяць яго ў даступныя для засвойвання раслінамі іоны NO_3^- па наступных схемах:

$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$ + энергія;
$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$ + энергія;
$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$ + энергія.

Энергія, якая вызваляецца пры акісленні неарганічных рэчываў, выкарыстоўваецца далей бактэрыямі для сінтэзу арганічных рэчываў:

$$CO_2 + 4H \xrightarrow{\text{энергія}} (CH_2O) + H_2O.$$

Экалогія бактэрый. Бактэрыі адыгрываюць значную ролю ў прыродзе, паколькі яны ўдзельнічаюць у вялікай колькасці розных пераўтварэнняў рэчываў і забяспечваюць іх кругаварот.

Гетэратрофныя бактэрыі разам з грыбамі выконваюць функцыю рэдуцэнтаў у экасістэмах Зямлі.

Розныя групы бактэрый удзельнічаюць у раскладанні і кругавароце рэчываў, што адбываюцца ў глебе. Адны раскладаюць вугляродутрымліваючыя злучэнні (цэлюлозу, лігнін, пекцін, крухмал, цукры і інш.) да розных прамежкавых рэчываў (піравінаграднай, малочнай, маслянай, лімоннай, шчаўевай кіслот, ацэтону, этылавага, бутылавага, прапілавага спіртоў і іншых рэчываў) і ў канчатковым выніку да вуглякіслага газу і вады. Ферментатыўнае раскладванне вугляводаў называецца *браджэннем*. Выяўлена, што больш за 90 % CO_2 у біясферы ўтвараецца ў выніку дзейнасці бактэрый і грыбоў.

Іншыя групы бактэрый раскладваюць пасля гібелі жывых арганізмаў бялкі да пептыдаў, амінакіслот і далей – амінакіслоты да аміяку (працэс гніення). Таксама раскладваюцца і азоцістыя злучэнні экскрэментаў і розных выдзяленняў жывёлін. Потым хемасінтэзуючыя бактэрыі роду нітрозамонас акісляюць аміяк да нітрыту (NO_2^-), а бактэрыі роду нітрабактэр – нітрыты да нітратаў (NO_3^-). Такім чынам, азот бялкоў пераўтвараецца ў дас-

тупную для раслін форму і зноў уключаюцца ў кругаварот. Працэс акіслення аміяку ў нітрыты і нітраты называецца *нітрыфікацыяй*. Працэс ідзе з выдзяленнем энергіі, якая выкарыстоўваецца для аднаўлення CO_2 да вугляводаў.

З іншага боку, некаторыя бактэрыі здольныя пераўтвараць нітрыты і нітраты ў газападобныя аксіды азоту, малекулярны азот і аміяк, што вядзе да змяншэння ўзроўню азоту ў глебе. Гэты працэс называецца *дынітрыфікацыяй*. Дынітрыфікацыя адбываецца толькі ў анаэробных умовах, калі бактэрыі выкарыстоўваюць нітрат як акісляльнік, які замяняе кісларод у рэакцыях акіслення арганічных рэчываў.

Нешматлікія віды бактэрый, наадварот, здольныя фіксаваць атмасферны азот з паветра, што садзейнічае павышэнню ўраджайнасці глебы. Найбольш вядомыя з іх — свабодна жывучыя бактэрыі роду азотабактэр і клубеньчыкавыя бактэрыі роду рызобіум.

Серавадарод, які выдзяляецца пры гніенні арганічных рэшткаў, таксама перапрацоўваецца бактэрыямі. Хемааўтатрофныя бактэрыі акісляюць серу да сульфатаў і робяць яе даступнай для раслін, якія самі засвойваць элементарную серу няздольныя. Расліны назапашваюць сульфіты, і іх сера ўключаецца ў склад бялкоў.

Бактэрыі адыгрываюць важную ролю ў ачыстцы сцёкавых вод, дзе яны выконваюць тую ж ролю, што і ў глебе — раскладваюць арганічныя рэчывы да няшкодных неарганічных злучэнняў.

Шмат якія бактэрыі выкарыстоўваюцца чалавекам для атрымання розных прадуктаў і карысных рэчываў. Напрыклад, малочнакіслыя бактэрыі, якія заўжды ўтрымліваюцца ў малацэ, выклікаюць яго скісанне, што выкарыстоўваецца для атрымання малочнакіслых прадуктаў. Малочнакіслыя стрэптакокі сквашваюць смятану і надаюць маслу характэрныя смак і водар. Малочнакіслыя бактэрыі зброджваюць малочны цукар лактозу да малочнай кіслаты, якая садзейнічае згусанню бялку казеіну, што выкарыстоўваецца ў вытворчасці сыру. Далей цвёрдыя згусткі казеіну і тлушчаў з дапамогай сычужнага ферменту, выпрабленага са слізістай абалонкі цялят, пераўтвараюцца ў сыр, а прапіёнавакіслыя бактэрыі надаюць сыру адпаведныя духмянасць і прысмак.

Некаторыя малочнакіслыя бактэрыі выкарыстоўваюць пры квашанні капусты, прыгатаванні розных марынадаў, атрыманні сіласу.

Воцатнакіслыя бактэрыі (напрыклад, азотабактэр) зброджваюць спірт да воцатнай кіслаты.

Некаторыя бактэрыі выкарыстоўваюць у вытворчасці антыбіётыкаў, што выдзяляюцца бактэрыямі ў працэсе жыццядзейнасці ў асяроддзе, на якім яны жывуць. Так атрымліваюць, напрыклад, антыбіётык граміцыдзін.

Бактэрыі здольныя наносіць чалавеку адчувальную шкоду. Па-першае, сапрафітныя бактэрыі псуюць харчовыя прадукты, і таму існуе мноства розных спосабаў захавання прадуктаў. Па-другое, многія бактэрыі з'яўляюцца ўзбуджальнікамі розных хвароб раслін, жывёлін і чалавека. Большасць патагенаў раслін адносіцца да бацыл. Сімптомы хвароб, якія выклікаюць бактэрыі, вельмі разнастайныя. У большасці выпадкаў — гэта плямы на сцёблах, лісці, кветках і пладах. Найбольш распаўсюджаныя бактэрыяльныя захворванні раслін — парша бульбы, рак таматаў, плямістасць і гніль пладоў таматаў, бактэрыяльны апёк яблынь і груш (характарызуецца ўтварэннем мёртвых бясколерных плям), мяккая гніль капусты, морквы і інш.

У арганізм чалавека і жывёлін патагенныя бактэрыі часцей за ўсё трапляюць разам з паветрам, вадой або ежай. Пасля таго як бактэрыі апынуліся ў арганізме чалавека або жывёліны, яны пачынаюць інтэнсіўна размнажацца. Пры гэтым патагенныя бактэрыі выдзяляюць ядавітыя рэчывы — прадукты іх жыццядзейнасці, якія паражаюць розныя тканкі, органы і сістэмы органаў.

Да самых небяспечных захворванняў жывёлін адносяцца харчовыя атручванні свіней і хатніх птушак, якія выклікаюць сальманелы. Хатняя жывёла хварэе на туберкулёз, бруцэлёз.

Сярод найбольш вядомых бактэрыяльных захворванняў чалавека — бактэрыяльная пнеўманія, коклюш, дыфтэрыт, шкарлятына, тыф, слупняк, туберкулёз, сібірская язва, бактэрыяльная дызентэрыя, сальманелёз, чума, халера, сіфіліс і інш.

З мэтай прадухілення гэтых захворванняў у нашай краіне ўстаноўлены комплекс аздараўленчых мерапрыемстваў, санітарны кантроль за прадуктамі харчавання і вадой. Многія небяспечныя захворванні папярэджваюць пры дапамозе прафілактычных прышчэпак, якія выклікаюць устойлівую неўспрымальнасць да захворванняў (туберкулёз, коклюш, тыф, брушны тыф, дыфтэрыт, шкарлятына і інш.).

Вялікую дапамогу ў барацьбе з захворваннямі аказваюць лекавыя прэпараты, у тым ліку і антыбіётыкі; адны з іх знішчаюць хваробатворныя бактэрыі, а другія прыгнятаюць іх дзейнасць.

Каб пазбегнуць распаўсюджвання хваробатворных бактэрый, праводзяць спецыяльныя меры барацьбы ў ачагу іх узнікнення.

Існуе некалькі спосабаў абеззаражвання прадуктаў харчавання, вады, матэрыялаў і памяшканняў: дэзінфекцыя, стэрылізацыя, аўтаклавіраванне, пастэрызацыя.

Дэзінфекцыя заключаецца ў апрацоўцы заражанага матэрыялу або памяшкання рознымі хімічнымі рэчывамі, якія знішчаюць бактэрыі. Для дэзінфекцыі выкарыстоўваецца карболавая кіслата, этылавы спірт, хлорная вапна, хларамін і іншыя рэчывы. Слабым дэзінфекцыйным сродкам з'яўляецца мыла.

Пры *стэрылізацыі* бактэрыі знішчаюцца шляхам уздзеяння на іх высокіх тэмператур. Стэрылізацыя магчыма пры награванні, кіпячэнні і напальванні. Кіпячэнне не заўсёды знішчае ўсе бактэрыі і асабліва іх споры. Для поўнай стэрылізацыі кіпячэнне звычайна паўтараюць на працягу трох дзён па 20–30 хвілін.

Аўтаклавіраванне – спецыяльная апрацоўка матэрыялаў і абсталявання пры высокіх ціску і тэмпературы. Калі бактэрыі не ўтвараюць спор, тады абеззаражванне праводзяць з дапамогай *пастэрызацыі*: награваюць рэчывы на працягу некалькіх хвілін пры тэмпературы 65–70 °С. Такім спосабам абеззаражваюць многія малочныя прадукты, якія потым захоўваюцца на працягу некалькіх дзён.

Сістэматыка бактэрый. Існуюць розныя погляды на класіфікацыю бактэрый. Па адной з сістэм, царства Бактэрыі ўключае тры падцарствы: архебактэрыі, сапраўдныя бактэрыі і аксіфотабактэрыі.

Архебактэрыі (ад грэч. archaios – старажытны) – найбольш старажытныя з усіх жывых арганізмаў, што існуюць на Зямлі. Пры захаванні агульных рыс будовы пракарыётаў архебактэрыі рэзка адрозніваюцца па шэрагу фізіялагічных і біяхімічных уласцівасцей ад іншых бактэрый. Клетачная абалонка архебактэрый утрымлівае не глікапептыд мурэін, а розныя кіслыя поліцукрыды. Архебактэрыі істотна адрозніваюцца ад усіх іншых арганізмаў па складзе і паслядоўнасці нуклеатыдаў у рыбасомных і транспартных РНК. Усяго вядома каля 40 відаў архебактэрый. Сярод іх сустракаюцца аэробы і анаэробы, хемагетэратрофы і хемааўтатрофы.

Сярод архебактэрый найбольш вядомыя метанаўтваральныя бактэрыі. Для іх уласцівы энергетычны працэс, у выніку якога ўтвараецца метан. Гэтыя бактэрыі аднаўляюць газ да метану малекулярным вадародам. Увесь метан біягеннага паходжання на Зямлі ўтвараецца толькі гэтай групай пракарыётаў (кожны год яны ўтвараюць $5-10 \cdot 10^8$ т метану). Пашыраны метанаўтваральныя архебактэрыі толькі ў анаэробных умовах: у глебе, якая затапляецца, на балотах, у глею вадаёмаў, ачышчальных

збудаваннях, рубцы жвачных жывёлін. Метанаўтваральныя бактэрыі выкарыстоўваюцца для атрымання біягазу з розных арганічных адходаў. Вытворчасць біягазу ў спецыяльных заглыбленых у глебу збудаваннях шырока практыкуецца ў Кітаі.

Да архебактэрый адносяцца некаторыя сераакісляльныя і сераадлнаўленчыя бактэрыі. З іх дзейнасцю звязана ўтварэнне радовішчаў серы.

Сапраўдныя бактэрыі – таксама даволі старажытныя арганізмы, якія ўзніклі прыкладна каля 3 млрд гадоў таму. Як і іншыя пракарыёты, сапраўдныя бактэрыі – мікраскапічна малыя арганізмы, але іх скопішчы (калоніі) часта відаць няўзброеным вокам.

Клетачная сценка гэтых бактэрый даволі трывалая. Яе асноўным структурным кампанентам з'яўляецца мурэін. Пры дапамозе спецыяльнага спосабу афарбоўкі некаторымі анілінавымі фарбавальнікамі, якія ўпершыню быў прапанаваны дацкім мікрабіёлагам Г. Х. Грамам у 1884 (афарбоўка паводле Грама), усе сапраўдныя бактэрыі можна падзяліць на дзве групы: грамдадатныя і грамадмоўныя. Пры афарбоўцы клеткі бактэрый фарбуюцца крышталічным фіялетавым, далей апрацоўваюцца разбаўленым растворам ёду (ёд утварае з фарбавальнікам нерастваральны комплекс) і затым адмываюць спіртам. Спірт вымывае фарбавальнік з абалонак грамадмоўных бактэрый; грамдадатныя бактэрыі, насупраць, утрымліваюць фарбавальнік. Было высветлена, што матрыкс абалонак грамдадатных бактэрый складзены толькі мурэінам (пептыдагліканам). У абалонках грамадмоўных бактэрый слой пептыдагліканa акаляецца ліпаполіцукрыдамі (поліцукрыдныя ланцугі прымацаваны хімічнымі сувязямі да малекул ліпідаў), што садзейнічае вымыванню фарбавальніка спіртам.

Грамдадатныя і грамадмоўныя бактэрыі адрозніваюцца па рэакцыі на антыбіётыкі. Напрыклад, пеніцылін блакіруе ўтварэнне пептыдных масцікаў у абалонцы грамдадатных бактэрый, і таму клеткі па меры росту разбураюцца. Уздзеянню пеніцыліну на абалонкі грамадмоўных бактэрый перашкаджае слой ліпаполіцукрыдаў.

Да грамдадатных адносяцца бактэрыі малочнакіслага браджэння, бацылы слупняку і туберкулёзная палачка. Грамадмоўнымі з'яўляюцца азотфіксуючыя і нітрыфіцыруючыя бактэрыі.

Падцарства *Аксіфотабактэрыі* аб'ядноўвае два таксоны, якія разглядаюцца ў якасці асобных: цыянабактэрыі і хлораксібактэрыі.

Цыянабактэрыі (Cyanobacteria) распаўсюджаны даволі шырока па ўсяму свету. Лічыцца, што існуе каля 2000 відаў цыянабактэрый. Гэта вельмі старажытныя арганізмы, якія ўзніклі каля 3 млрд гадоў таму. Слаістыя мелавыя адклады, якія называюць страматалітамі, маюць велізарны ўзрост – каля 2,7 млрд гадоў. Яны ўтварыліся пры паглынанні кальцыю цыянабактэрыямі. У цяперашні час страматаліты ўтвараюцца толькі ў жаркім сухім клімаце, у месцах, дзе ёсць мелкія вадаёмы. Мноства страматалітаў у выкапнёвых рэштках сведчыць аб існаванні аналагічных кліматычных умоў у далёкія геалагічныя эпохі, калі цыянабактэрыі адыгрывалі рашаючую ролю ў павышэнні ўзроўню свабоднага кіслароду ў атмасферы ранняй Зямлі. Лічыцца, што змяненні ў складзе атмасферы архея і ўзбагачэнне яе кіслародам звязаныя з фотасінтэтычнай дзейнасцю цыянабактэрый.

Дыяпазон умоў, у якіх здольныя існаваць цыянабактэрыі, вельмі шырокі, але асноўная колькасць відаў насяляе прэснаводныя басейны і нешматлікія віды пашыраны ў морах.

Як і іншыя бактэрыі, цыянабактэрыі здольныя пражываць у вельмі неспрыяльных умовах – ад гарачых крыніц да замёрзлых азёр Антарктыкі, дзе яны ўтвараюць слой таўшчынёй 2–4 см, які залягае ў вадзе ніжэй узроўню пастаяннага лёду на глыбіні 5 м.

Клеткі цыянабактэрый па форме акруглыя, эліптычныя, цыліндрычныя і інш. Яны часта выдаляюць слізь у выглядзе тоўстага чахла, абкружанага ў некаторых відаў шчыльнай абалонкай. Чахол бывае часта ярка афарбаваны, асабліва ў наземных відаў. Афарбоўка можа быць светла-залацістай, жоўтай, карычневай, чырвонай, ізумруднай, блакітнай, фіялетавай і цёмна-сіняй. Акрамя таго, караціноіды і фікабіліны, якія прысутнічаюць у клетках цыянабактэрый, мадыфіцыруюць іх афарбоўку. Дзякуючы афарбоўцы цыянабактэрыі надаюць пэўны колер асяроддзю, дзе яны існуюць, асабліва пры масавым размнажэнні. Такое становішча называецца «цвіценнем». Нашы невялічкія вадаёмы цёплым летам даволі часта набываюць блакітна-зялёную афарбоўку, калі ў іх хутка размнажаюцца цыянабактэрыі. Чырвонае мора атрымала сваю назву, верагодна, дзякуючы «цвіценню» марскіх планктонных відаў роду Трыхадэсмум, якія часта сустракаюцца на паверхні гэтага мора.

Абалонкі клетак цыянабактэрый даволі тоўстыя. Яны ўтрымліваюць некаторую колькасць цэлюлозы, але галоўным кампанентам абалонак з'яўляюцца іншыя поліцукрыды і пекцінавыя рэчывы. Клетачная абалонка цыянабактэрый, як і іншых пракарыётаў, утрымлівае нейкую колькасць мурэіну.

Склад пігментаў у цыянабактэрый рэзка адрозніваецца ад складу пігментаў іншых аўтатрофных арганізмаў. У іх знойдзены хларафіл *a*, некаторыя караціны і ксантафілы. Цыянабактэрыі здольныя ажыццяўляць аэробны фотасінтэз з выдзяленнем кіслароду.

Прадстаўнікі многіх родаў цыянабактэрый здольныя фіксаваць азот. У цёплых раёнах Азіі рыс можа даволі доўгі час расці на адным і тым жа ўчастку без прымянення ўгнаенняў за кошт азотфіксуючых цыянабактэрый. Дзякуючы здольнасці фіксаваць малекулярны азот цыянабактэрыі могуць засяляць голыя паверхні скал і глебу разам з лішаямі, імхамі і іншымі арганізмамі. Марскія віды Трыхадэсмум фіксуюць каля чвэрці ўсяго азоту, які паглынаецца морам з паветра.

Фіксацыя азоту адбываецца ў *гетэрацыстах* – клетках больш вялікіх памераў, чым усе астатнія. Гетэрацысты ўтвараюцца ў ніткаватых формах і забяспечваюць азоцістымі рэчывамі ўсе клеткі цыянабактэрыі.

Абалонка гетэрацыст больш тоўстая, паколькі звонку яна мае два дадатковыя слаі. Знешні слой складзены поліцукрыдамі, а ўнутраны – глікаліпідамі.

Цыянабактэрыі ў адрозненне ад сапраўдных бактэрый ніколі не маюць жгуцікаў. Размнажаюцца цыянабактэрыі звычайна шляхам падзелу клеткі напалам.

Цыянабактэрыі здольныя ўступаць у сімбіятычныя адносіны (гл. с. 285) з некаторымі губкамі, амёбамі, жгуцікавымі прасцейшымі, дыятомавымі і зялёнымі водарасцямі, імхамі, сасудзістымі раслінамі і ааміцэтамі. Пры гэтым яны страчваюць клетачную абалонку і функцыянуюць як хларапласты.

Да другога аддзела падцарства Аксіфотабактэрый – *хлараксібактэрый* – адносяцца пракарыятычныя арганізмы, якія аб'ядноўваюць у род Прахларан. Яны характарызуюцца тым, што набор фотасінтэзуючых пігментаў у іх падобны да набору пігментаў зялёных водарасцей і вышэйшых раслін.

ВІРУСЫ

У 1892 г. расійскі батанік Д. І. Іваноўскі (1864–1920) упершыню атрымаў экстракт з лістоў раслін тытуню, што былі пашкоджаны мазаічнай хваробай (на лісці мазаічна чаргуюцца цёмныя і светлыя плямы). Калі такі экстракт прапусцілі праз фільтр, які быў здольны затрымліваць бактэрыі, аказалася, што фільтрат захоўваў свае інфіцыруючыя ўласцівасці. Пры ўпрыскванні яго з дапамогай капілярных трубачак у жылкі здаровага лісця тытуню,

80 % інфіцыраваных раслін праз два тыдні былі пашкоджаны мазаікай. У 1898 г. нідэрландскі вучоны М. Бейярынк (1851—1931) прапанаваў для абазначэння інфекцыйнай прыроды некаторых прафільтраваных раслінных вадкасцей тэрмін «вірус» (ад лац. virus — яд). У 1902 г. Д. І. Іваноўскі выказаў думку аб тым, што ўзбуджальнікам мазаічнай хваробы з'яўляюцца найдрабнейшыя часцінкі, што ўтрымліваюцца ў фільтраце пашкоджанага лісця. Гэтыя часцінкі здольныя праходзіць праз бактэрыяльнае сіта. Так было распачата вывучэнне вірусаў.

Вірусы вывучае навука *вірусалогія*.

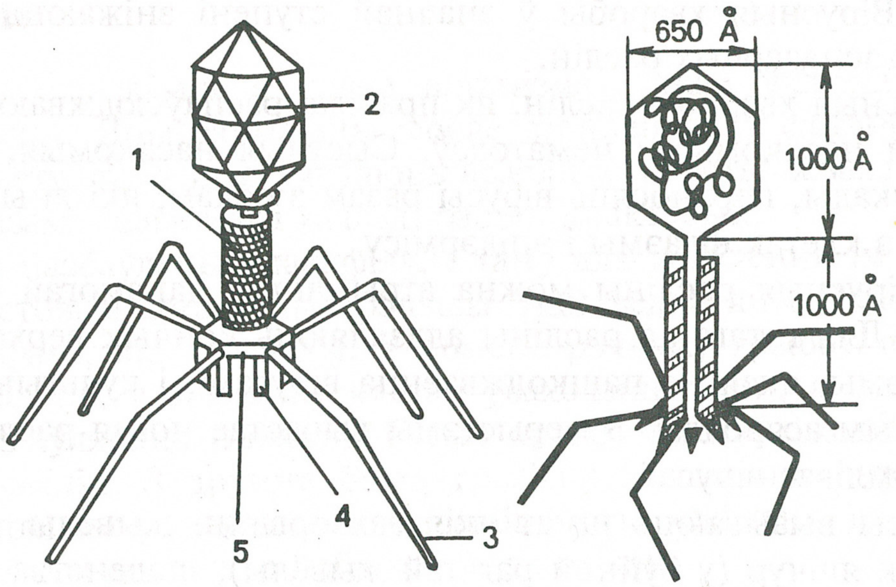
Вірусы можна назіраць толькі ў электронны мікраскоп. Менавіта таму яны аказаліся ў ліку першых біялагічных структур, якія былі даследаваны ў электронным мікраскопе адразу пасля яго вынаходніцтва ў 30-х гадах нашага стагоддзя.

Па сваіх памерах вірусныя часцінкі займаюць месца паміж самымі буйнымі малекуламі хімічных злучэнняў (4 нм) і самымі дробнымі жывымі клеткамі (9000 нм). У залежнасці ад тыпу вірусаў памеры іх знаходзяцца ў межах прыкладна 20—300 нм; у сярэднім яны ў 50 разоў менш за бактэрыі. Напрыклад, вірус тытунёвай мазаікі мае палачкападобную форму даўжынёй 300 нм і дыяметрам 15 нм.

Вірусы пабудаваны вельмі проста. Яны складаюцца з адной малекулы генетычнага матэрыялу (ДНК або РНК), абкружанай бялковай абалонкай, якая называецца *капсідам*. У некаторых тыпаў вірусаў, такіх як вірус герпесу або грыпу, выяўлена дадатковая ліпапратэінавая абалонка, што абкружае капсід.

Больш складаную структуру маюць вірусы, якія інфіцыруюць так званыя *бактэрыяфагі*. Яны складаюцца з галоўкі, адростка, чахла адростка, базальнай пласцінкі і нітак адростка (рыс. 19). Доўгая малекула ДНК складзена ў выглядзе спіралі ўнутры галоўкі фага.

Агульная ўласцівасць усіх вірусаў — іх сувязь з жывой клеткай. Па-за межамі жывой клеткі яны размнажацца няздольны. Абалонка віруса дзейнічае як шпрыц, які ўпырсквае генетычны матэрыял у адпаведную клетку. Тут вірусная ДНК або РНК падпарадкоўвае сабе генетычны апарат клетак і вымушае іх сінтэзаваць новыя бялкі для абалонкі віруса і новы вірусны генетычны матэрыял. Затым, усё яшчэ пад уздзеяннем віруса, клетка сінтэзуе ферменты, якія ўрэшце рэшт разбураюць яе. Пры гэтым вызваляецца мноства вірусных часцінак, што інфіцыруюць новыя клеткі. Пранікненне ў клеткі не заўсёды адбываецца шляхам ін'екцыі і не заўсёды бялковая абалонка застаецца на знешняй паверхні клеткі. Некаторыя вірусы пранікаюць у клетку разам з абалонкай.



Рыс. 19. Будова бактэрыяфага:
1 — адростак з чахлом; *2* — галоўка; *3* —доўгія хваставыя ніткі; *4* — шыпы адростка; *5* — базальная пласцінка

Многія вірусы, выдзеленыя з жывой клеткі, здольныя ўтвараць крышталі. Гэта яшчэ адно адрозненне вірусаў ад жывых арганізмаў. Акрамя таго, як было паказана вышэй, вірусы не маюць клетачнай будовы. Такім чынам, па становішчы ў прыродзе вірусы знаходзяцца на мяжы паміж жывым і нежывым, бо яны нясуць прыкметы жывой (валодаюць генетычным матэрыялам) і нежывой (утварэнне крышталёў) матэрыі. Але вірусы нельга разглядаць як прымітыўных папярэднікаў клетачных арганізмаў, іх паходжанне ў цяперашні час звязваюць з клетачнымі арганізмамі. Вучоныя лічаць, што вірусы ўзніклі каля 3 млрд гадоў таму з нуклеінавых кіслот арганізмаў у выніку вызвалення з генома свабодных фрагментаў, набыўшых здольнасць сінтэзаваць ахоўную бялковую абалонку і рэплікавацца ўнутры клетак. Сучасныя даследаванні паказваюць таксама, што існуючыя вірусы здольныя значна змяняцца пад уплывам натуральнага адбору. Выказваецца таксама думка, што новыя тыпы вірусаў у цяперашні час утвараюцца з генома бактэрый і эўкарыётаў.

Вірусы маюць вялікае значэнне, таму што яны шырока распаўсюджаны ў раслін, грыбоў, жывёл і чалавека і часта з'яўляюцца пры гэтым прычынай розных захворванняў.

Вядома больш за 1000 захворванняў раслін, што вызываюцца вірусамі. Найбольш распаўсюджаны розныя некрозы (з'яўленне ўчасткаў мёртвых тканак) і мазаікі (з'яўленне плям, палос, кропак на органах раслін), пры якіх пашкоджваюцца тканкі парэнхімы, памяншаецца колькасць хларапластаў, разбураецца флаэма

і г. д. Вірусныя хваробы ў значнай ступені зніжаюць ураджай сельскагаспадарчых раслін.

Вірусныя хваробы раслін, як правіла, распаўсюджваюцца з дапамогай насякомых і нематодаў. Сысучыя насякомыя, такія як тлі і цыкады, пераносяць вірусы разам з сокам, які яны высмоктваюць з клетак флаэмы і эпідэрмісу.

Бязвірусныя расліны можна атрымаць з дапамогай культуры тканак. Для гэтага ад расліны аддзяляюць кончык верхавінкавай мерыстэмы, якая не пашкоджваецца вірусамі, і культывуецца на пажыўным асяроддзі. З мерыстэмы вырастае новая расліна, якая не ўтрымлівае вірусаў.

Вірусы выклікаюць шмат якія захворванні жывёлы. Сярод іх такія, як яшчур (у буйной рагатай жывёлы), шаленства (у сабак, лісіц, ваўкоў), міксаматоз (у трусоў), псітакоз (у папугаяў і канарэек), саркома, лейкоз і чума (у курэй) і інш. Вельмі часта рызыкуюць заразіцца і людзі, якія даглядаюць хворую жывёліну.

У чалавека вірусы таксама выклікаюць мноства захворванняў, у тым ліку такія як воспа, ветраная воспа, адзёр, свінка, грып, рэспіраторныя захворванні, інфекцыйны гепатыт, поліяміэліт, шаленства, герпес, прастуда, СНІД.

Некаторым вірусам надаюць ролю ўзбуджальнікаў рака.

Часам вірусы адной групы здольныя паражаць і расліны, і жывёлін, але ў большасці выпадкаў вірусы відаспецыфічныя. Хвароба звычайна звязана з рэзкім парушэннем працэсаў жыццядзейнасці заражаных клетак.

Шматлікія вірусныя захворванні чалавека і жывелін магчыма папярэдзіць шляхам імунізацыі (правядзенне прафілактычных прышчэпак, якія дазваляюць арганізму выпрацоўваць імунітэт супраць вірусаў). У адваротным выпадку вірусныя захворванні з цяжкасцю паддаюцца лячэнню, паколькі вірусы неадчувальныя да антыбіётыкаў. На шчасце, у многіх выпадках імунная сістэма арганізмаў абмяжоўвае распаўсюджванне інфекцыі.

Вядома некалькі малекулярных патагенаў, падобных да вірусаў. Асаблівае значэнне з іх маюць віроіды. *Віроіды* — гэта найдрабнейшыя з вядомых узбуджальнікаў хвароб; яны намнога меншыя за вірусы і ў адрозненне ад апошніх не маюць бялковай абалонкі. Віроіды складаюцца з малекул РНК, здольных аўтаномна рэплікавацца ў заражаных клетках. Яны выклікаюць розныя захворванні раслін у выніку парушэння працэсаў рэгуляцыі работы генаў клеткі-гаспадара.

ГРЫБЫ

Грыбы – велізарная група арганізмаў, якая ўключае каля 100 000 відаў. Яны займаюць асобае становішча ў сістэме арганічнага свету, таму што ўяўляюць асаблівае царства жывых арганізмаў, разам з царствамі жывёл, раслін і бактэрый.

Грыбы пазбаўлены хларафілу, і таму для жыўлення ім патрабуюцца гатовыя арганічныя рэчывы. Адпаведна яны з'яўляюцца гетэратрофамі, як і жывёлы. У абмене рэчываў грыбоў прысутнічае мачавіна, у абалонку клетак уваходзіць хіцін, а запасным рэчывам з'яўляецца глікаген. Гэтыя прыкметы набліжаюць грыбы да жывёлін. З другога боку, грыбы паглынаюць пажыўныя рэчывы шляхам усмоктвання (адсарбцыйнае жыўленне) і маюць неабмежаваны рост, што набліжае іх да раслін.

Грыбы займаюць самыя розныя месцы пражывання, існуюць як на сушы, так і ў вадзе. Практычна яны сустракаюцца ўсюды, дзе ёсць арганічнае рэчыва.

Грыбы вельмі разнастайныя па знешнім выглядзе. Да іх адносяцца незлічоныя плесені, што растуць на сырым арганічным матэрыяле (хлебе, варэнні, фруктах, скуры, адмерлай расліннасці), аднаклетачныя дрожджы, грыбы-губы, якія пасяляюцца на свалах дрэў, шапкавыя грыбы і інш.

Большасць грыбоў мае вегетатыўнае цела, якое называецца *міцэліем* або *грыбніцай*. Міцэлій складаецца з тонкіх нітак, якія часта галінуюцца. Грыбныя ніткі называюцца *гіфамі*. Міцэлій грыба знаходзіцца на паверхні або ўнутры субстрату, дзе жыве грыб.

Гіфы абкружаны тонкай жорсткай абалонкай, асноўным кампанентам якой з'яўляецца хіцін (поліцукрыд, які ўваходзіць таксама ў структуру вонкавага шкілета членістаногіх). У некаторых выпадках клетачная абалонка ўтворана цэлюлозай (у ааміцэтаў). Абалонка часта ўтрымлівае іншыя рэчывы, якія надаюць ёй трываласць, а пігменты – адпаведную афарбоўку (чорную, бурую і інш.)

У большасці грыбоў міцэлій мае клетачную будову; гіфы яго раздзелены перагародкамі (септамі) на асобныя клеткі. Такі міцэлій называецца *клетачным, членістым* або *септаваным*. У цэнтры перагародкі звычайна застаецца пора, праз якую можа перацякаць цытаплазма. Пад клетачнай абалонкай знаходзіцца цытаплазматычная мембрана, якая абкружае пратапласт. У склад пратапласта ўваходзяць цытаплазма, адно або некалькі ядраў з падвоенай мембранай, ядзеркамі і ДНК, эндаплазматычны рэтыкулум, рыбасомы, лізасомы і іншыя арганоіды, якія ўласцівы клеткам эўкарыётаў. У клетцы грыбоў прысутнічаюць вакуолі,

якія ўтрымліваюць запасныя пажыўныя рэчывы: глікаген, ліпіды. Крухмал у вакуолях, як і наогул ва ўсіх грыбных клетках, адсутнічае.

У грыбоў, умоўна аднесеных да ніжэйшых, кожны гіф грыбніцы ўяўляе сабой як бы адну велізарную клетку з мноствам ядраў. Такі міцэлій называецца *нячленістым* або *несептаваным.*

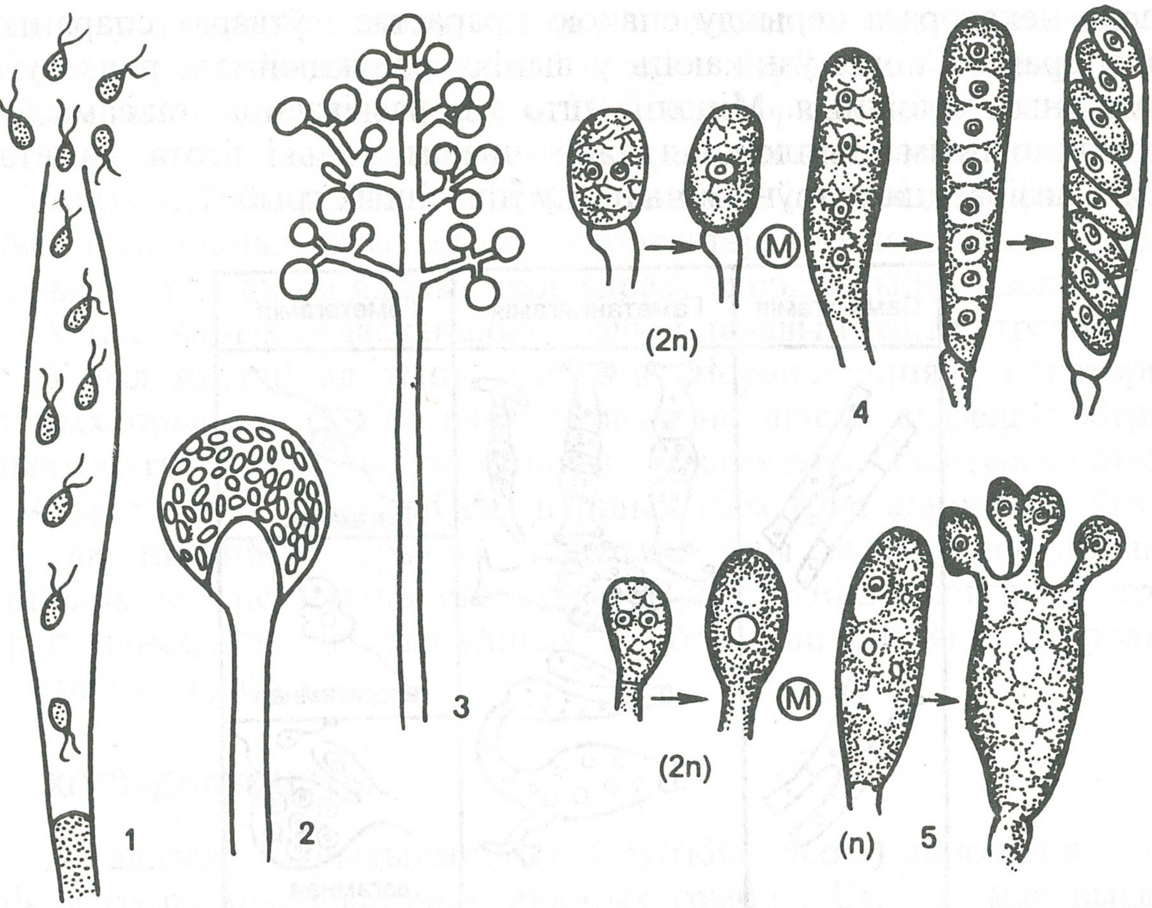
Гіфы даволі часта злучаюцца паралельна і ўтвараюць доўгія цяжы, якія часам дасягаюць у даўжыню некалькіх метраў. Шчыльныя перапляценні гіфаў утвараюць склероцыі. Клеткі склероцый багатыя запаснымі пажыўнымі рэчывамі і дапамагаюць грыбу пераносіць неспрыяльныя ўмовы зімы або засухі. З склероцый у спрыяльных умовах развіваецца міцэлій або органы размнажэння. Міцэлій мае розную працягласць жыцця: ад некалькіх дзён (у плесні) да шмат гадоў (у шапкавых грыбоў).

У некаторых грыбоў (напрыклад, дрожджэй) вегетатыўнае цела ўяўляе сабой адзіночныя клеткі, здольныя да дзялення або пачкавання. Калі клеткі, якія адпачкаваліся, не разыходзяцца, утвараецца *псеўдаміцэлій.*

Грыбы размнажаюцца бясполым і палавым шляхам. Бясполае размнажэнне бывае вегетатыўным і споравым. Вегетатыўнае размнажэнне ажыццяўляецца пры аддзяленні ад асноўнай масы міцэлію яго частак, якія далей развіваюцца самастойна. Акрамя таго, на міцэліі магчыма развіццё артра- і хламідаспор. Артраспоры ўтвараюцца ў выніку распаду гіфаў на асобныя кароткія клеткі, якія пакрываюцца абалонкай. Хламідаспоры ўтвараюцца, як і артраспоры, але маюць больш тоўстую і цёмна афарбаваную абалонку. Звычайна хламідаспоры прызначаны для перанясення неспрыяльных умоў.

Да бясполага размнажэння адносяць і пачкаванне. На клетках міцэлію ўтвараюцца вырасты (пупышкі), якія паступова павялічваюцца ў памерах, адрываюцца ад матчынай клеткі або захоўваюць з ёй сувязь. У апошнім выпадку ўтвараецца ланцужок клетак.

Бясполае размнажэнне ажыццяўляецца таксама з дапамогай спор, што развіваюцца эндагенна – *спарангіяспоры* або экзагенна – *канідыяспоры* (рыс. 20). Спарангіяспоры фарміруюцца ў спецыяльных спораўмяшчальнях (спарангіях), якія ўзнікаюць на спецыяльных гіфах – *спарангіяносцах,* што падымаюцца над субстратам. Канідыяспоры развіваюцца на канцах асобных вырастаў міцэлію – *канідыяносцах.* Пры развіцці канідыі кончык канідыяносца аддзяляецца перагародкай, акругляецца і ападае ў выглядзе канідыі. Пад першай канідыяй да яе аддзялення такім жа чынам фарміруецца наступная і гэтак далей, у выніку чаго ўтвараецца цэлы ланцужок.



Рыс.20. Спаранашэнне грыбоў (схема):
1 — зааспарангій са спорамі; *2* — спарангій са спарангіяспорамі; *3* — канідыяносец з канідыяспорамі; *4* — утварэнне аскаспор; *5* — утварэнне базідыяспор; *М* — меёз

У шмат якіх ніжэйшых грыбоў бясполае размнажэнне ажыццяўляецца пераважна з дапамогай зааспор – голых рухомых клетак са жгуцікамі. Зааспоры ўтвараюцца эндагенна ў зааспарангіях.

Для грыбоў характэрна палавое размнажэнне. Выдзяляюць тры асноўныя формы палавога працэсу: гаметагамія, гаметангіягамія і саматагамія (рыс. 21).

Гаметагамія – зліццё палавых клетак, гамет, што ўтвараюцца ў органах палавога размнажэння – *гаметангіях*. Гаметагамія мае некалькі разнавіднасцей: *ізагамія* (мужчынскія і жаночыя гаметы рухомыя і марфалагічна не адрозніваюцца паміж сабой); *гетэрагамія* (мужчынскія і жаночыя гаметы рухомыя, але жаночая палавая клетка больш буйная), і *аагамія*. Пры аагаміі адбываецца зліццё буйных нерухомых жаночых гамет (яйцаклетка) і дробных рухомых мужчынскіх (сперматазоід).

Яйцаклеткі фарміруюцца ў жаночых органах – *аагоніях,* а сперматазоіды – у мужчынскіх – *антэрыдыях.* У выніку палавога працэсу ўтвараецца зігота, якая апранаецца тоўстай абалонкай і

пасля некаторага перыяду спакою прарастае і ўтварае спарангій са спорамі. Споры ўзнікаюць у выніку рэдукцыйнага падзелу, і таму яны гаплоідныя. Міцэлій, што з іх развіваецца, таксама будзе гаплоідным. Дыплоідная, такім чынам, толькі зігота. Гаметагамія назіраецца галоўным чынам у ніжэйшых грыбоў.

Рыс.21. Формы палавога працэсу ў грыбоў (схема)

Для базідыяльных грыбоў характэрна *саматагамія*. У гэтым выпадку зліваецца змесціва дзвюх клетак міцэлію і ўтвараецца палавы прадукт – *базідыя,* на якой потым з дапамогай меёзу фарміруюцца базідыяспоры. Гаплоідныя базідыяспоры даюць пачатак гаплоіднаму міцэлію.

Гаметангіягамія – палавы працэс, характэрны для зігаміцэтаў і аскаміцэтаў. Сутнасць яго заключаецца ў зліцці змесціва спецыялізаваных органаў, якія не дыферэнцыраваны на гаметы.

У зігаміцэтаў зліваюцца два, як правіла, мнагаядзерныя гаметангіі, якія марфалагічна не адрозніваюцца. З зіготы развіваецца зігаспора, якая пасля перыяду спакою прарастае ў зародкавы спарангій (гл. рыс. 21).

У аскаміцэтаў таксама адбываецца гаметангіягамія: змесціва мужчынскага органа палавога размнажэння (антэрыдыя) перацякае ў жаночы орган (аскагон). Пры гэтым назіраецца толькі зліццё цытаплазмы, а ядры не зліваюцца і ўтвараецца дыкарыён – асацыяцыя двух ядраў, якія адначасова існуюць у адной клетцы (дыкарыёны ўтвараюцца таксама на некаторы час і пры саматагаміі ў базідыяміцэтаў). На дыкарыянтычным міцэліі далей развіваюцца органы палавога спаранашэння – *сумкі (аскі)*; унут-

ры іх утвараюцца споры палавога спаранашэння – *аскаспоры*. Унутры сумкі адбываецца зліццё ядраў – карыягамія і адразу – рэдукцыйны падзел. Аскаспоры, як і базідыяспоры, заўсёды гаплоідныя.

Такім чынам, у цыкле развіцця вышэйшых грыбоў назіраецца чаргаванне гаплоіднай, дыкарыянтычнай і дыплоіднай фаз, прычым дыплоідная фаза вельмі кароткатэрміновая і прадстаўлена толькі дыплоідным ядром, якое адразу ж рэдукцыйна дзеліцца.

У так званых недасканалых грыбоў палавы працэс страчаны.

У залежнасці ад тыпу палавога спаранашэння і некаторых іншых прыкмет грыбы падзяляюцца на шэсць аддзелаў: хітрыдыяміцэты, ааміцэты, зігаміцэты, аскаміцэты, базідыяміцэты і дэйтэраміцэты. Прадстаўнікі першых трох груп адносяцца ўмоўна да ніжэйшых грыбоў, паколькі яны маюць няклетачны міцэлій або не маюць яго зусім. Прадстаўнікі наступных трох груп адносяцца да вышэйшых грыбоў, міцэлій якіх утвораны клетачнымі гіфамі.

ХІТРЫДЫЯМІЦЭТЫ

Да аддзела Хітрыдыяміцэты (Chytridiomycota) адносіцца невялікая група мікраскапічна дробных грыбоў. Цела іх мае выгляд мнагаядзернай цытаплазматычнай масы, якая не ўтварае міцэлію або мае зачаткавы слабаразвіты міцэлій у выглядзе нітак. У апошнім выпадку гіфы не падзелены на асобныя клеткі.

Размнажаюцца гэтыя грыбы з дапамогай зааспор (з адным жгуцікам). Палавы працэс – гаметагамія.

Большасць грыбоў гэтага аддзела паразітуе на водарасцях, іншых водных грыбах, на вышэйшых водных раслінах і жывёлінах. Найбольш пашыранымі прадстаўнікамі аддзела з'яўляюцца віды роду альпідыум і сінхітрыум.

Род *альпідыум* аб'ядноўвае пераважна паразітычных прадстаўнікоў. Альпідыум капусны (Olpidium brassicae) паразітуе на расадзе капусты, пры гэтым пашкоджвае карані і каранёвую шыйку. Захворванне, якое вызываецца гэтым паразітам, называецца «чорная ножка».

Род *сінхітрыум* аб'ядноўвае віды, што з'яўляюцца ўнутрыклетачнымі паразітамі. Synchitrium endobioticum – узбуджальнік рака бульбы; пры гэтым на клубнях утвараюцца бугрыстыя шурпатыя нарасці рознай велічыні. Гэтыя нарасці разрастаюцца, чарнеюць і потым разбураюцца. Страты ўраджаю бульбы ад рака складаюць да 40–60 %.

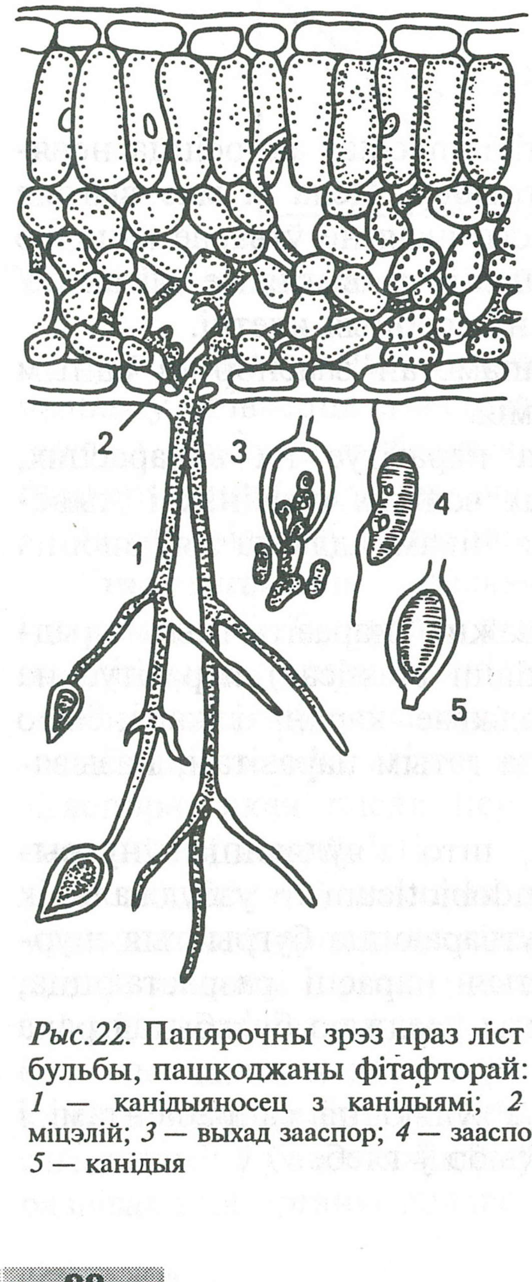
Некаторыя віды хітрыдыяміцэтаў з'яўляюцца сапрабіёнтамі і існуюць у вадзе на раслінных рэштках або ў глебе.

ААМІЦЭТЫ

Прадстаўнікі аддзела Ааміцэты (Oomycota) маюць добра развіты няклетачны міцэлій, які складаецца з моцна разгалінаваных няклетачных гіфаў з мноствам ядраў. Папярочныя перагародкі ўзнікаюць толькі пры адчляненні органаў размнажэння. Сценка гіфаў складаецца з цэлюлозы, што з'яўляецца адрознай прыкметай гэтага аддзела грыбоў ад іншых.

Бясполае размнажэнне ажыццяўляецца зааспорамі з двума жгуцікамі. Палавы працэс — аагамія.

Прадстаўнікі аддзела сустракаюцца ў вадзе на раслінных рэштках і трупах жывёлін. Да гэтага аддзела адносіцца таксама цэлы шэраг водных і наземных патагенных грыбоў. Сярод іх *сапралегнія* (Saprolegnia mixta) — грыб, які паразітуе на ікры і мальках рыб. Другім прадстаўніком з'яўляецца *фітафтора,* або *бульбяны грыб* (Phytophthora infestans), небяспечны паразіт бульбы, завезены ў Еўропу з Амерыкі ў 30-х гадах XX ст. (рыс. 22). Міцэлій гэтага грыба развіваецца на мезафіле і з дапамогай гаўсторый пранікае ўнутр клетак, пры гэтым ён высмоктвае з іх пажыўныя рэчывы. Пашкоджаныя ўчасткі хутка адміраюць і на лісці ўзнікаюць бурыя плямы адмерлай тканкі. Па краі такой плямы (на ніжнім баку ліста) добра прыкметны белы пушок, які ўяўляе сабой спарагенныя гіфы з зааспарангіямі, што высоўваюцца праз вусцейкі эпідэрмісу ліста. Зааспарангіі пры паспяванні адвальваюцца і з дапамогай ветру або дажджу трапляюць на іншае лісце або праз глебу на клубні. У вільготных умовах утвараюцца зааспоры, якія прарастаюць у новыя гіфы. У сваю чаргу гіфы пранікаюць у лісце або пашкоджваюць клубні (сухая гніль).



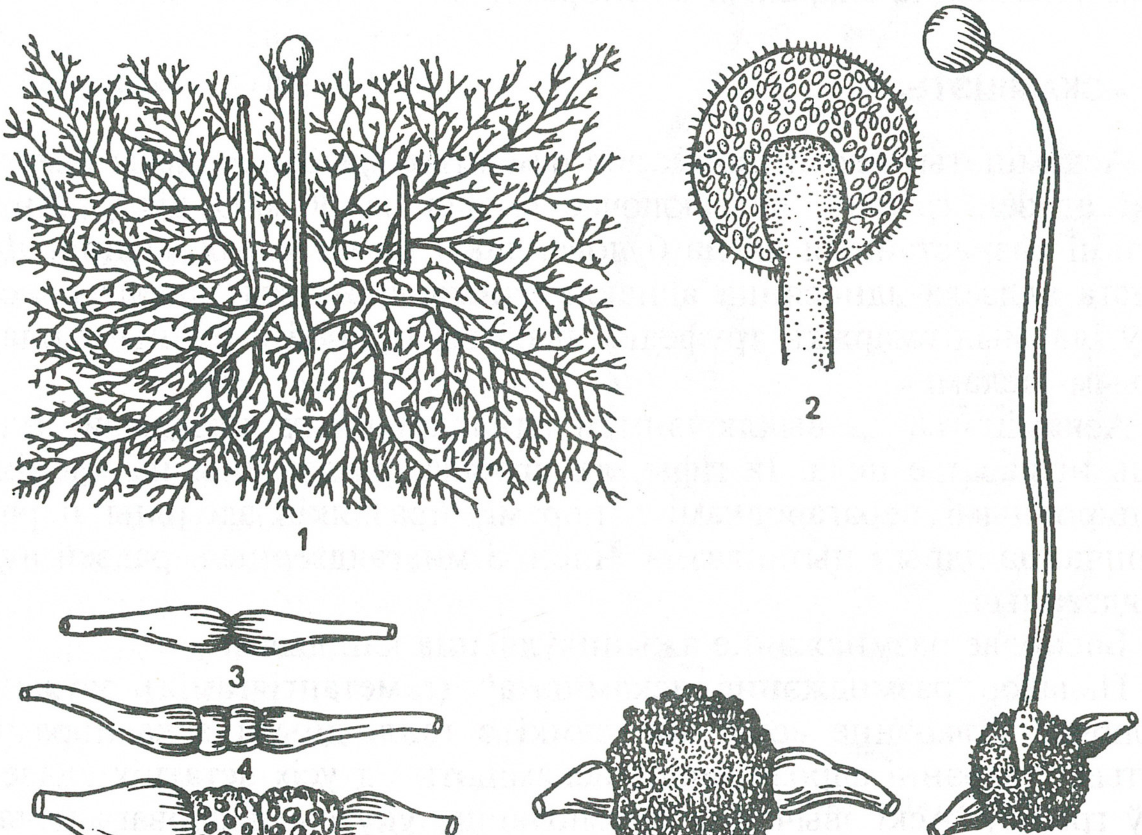
Рыс.22. Папярочны зрэз праз ліст бульбы, пашкоджаны фітафторай:
1 — канідыяносец з канідыямі; *2* — міцэлій; *3* — выхад зааспор; *4* — заапора; *5* — канідыя

ЗІГАМІЦЭТЫ

Прадстаўнікі аддзела Зігаміцэты (Zygomycota) у большасці выпадкаў маюць добра развіты разгалінаваны няклетачны міцэлій. Бясполае размнажэнне зігаміцэтаў ажыццяўляецца з дапамогай спарангіяспор або канідый. Палавы працэс – гаметангіягамія (гл. рыс. 21).

Большасць зігаміцэтаў жыве ў глебе на рэштках раслін і жывёлін, якія разбураюцца (сапрабіёнты). Адны з іх з'яўляюцца паразітамі раслін, насякомых або невялікіх глебавых жывёлін, другія выклікаюць захворванні чалавека і хатняй жывёлы.

Найбольш вядомы прадстаўнік зігаміцэтаў – *мукор* (Mucor mucedo). Ён развіваецца на ўвільготненым хлебе, пладах, агародніне, на гнаі ў выглядзе белай пушыстай цвілі. Праз некалькі дзён пасля з'яўлення на белым пушку ўтвараюцца гіфы, што растуць вертыкальна. Гэта спарангіяносцы (рыс. 23). Кончык кожнага спарангіяносца набухае і пераўтвараецца ў спарангій, у якім фарміруюцца і выспяваюць спарангіяспоры.



Рыс.23. Мукор:
1 – міцэлій са спарангіяносцамі і спарангіямі; *2* – спарангій са спорамі; *3–5* – працэс зігагаміі; *6* – утварэнне зігаспоры; *7* – прарастанне зігаспоры і ўтварэнне зародкавага спарангія

Па знешнім выглядзе спарангіяносцы і спарангіяспоры нагадваюць падушачку, утыканую шпількамі. Таму мукор і іншыя блізкія да яго грыбы называюць галоўчатай або чорнай цвіллю. Па меры паспявання спор спарангіі чарнеюць і высыхаюць (ад чаго цвіль робіцца шэрай), лопаюцца і з іх высыпаецца шмат дробных сухіх пылападобных спор, якія разносяцца патокамі паветра. Калі гаплоідныя споры трапляюць на прыдатны субстрат, яны прарастаюць у новы міцэлій.

Палавы працэс у гэтых грыбоў назіраецца ў выпадку, калі сустракаюцца і сутыкаюцца два розныя гіфы, якія адрозніваюцца фізіялагічна (гетэраталічныя гіфы). На канцах такіх гіфаў утвараецца па адной буйной мнагаядзернай клетцы, адмежаванай перагародкай ад астатняй часткі гіфа. Гэтыя клеткі ўяўляюць сабой гаметангіі. Сценкі гаметангіяў у месцы сутыкнення раствараюцца і мнагаядзернае змесціва іх зліваецца. Утвараецца зігота з дыплоіднымі ядрамі. Яна пакрываецца тоўстай бурай абалонкай і пераўтвараецца ў клетку — зігаспору. Пасля працяглага перыяду спакою зігаспора дзеліцца меёзам і прарастае ў зародкавы гіф, на якім утвараецца спарангій са спорамі.

АСКАМІЦЭТЫ

Аскаміцэты (Ascomycota), або сумчатыя грыбы, — самы шматлікі аддзел грыбоў, які ўключае больш за 30 000 відаў. Яны вельмі разнастайныя як па будове, так і па спосабах жыцця. Да гэтага аддзела адносяцца аднаклетачныя дрожджы, шэраг плесняў, ядомыя смаржкі, труфелі і ядавітыя страчкі с буйнымі пладовымі целамі.

Аскаміцэты, за выключэннем аднаклетачных дражджэй, маюць ніткаватае цела. Іх гіфы, як правіла, раздзелены на членікі папярочнымі перагародкамі з порамі, праз якія здольны перамяшчацца ядры і цытаплазма. Членікі мнагаядзерныя, радзей аднаядзерныя.

Бясполае размнажэнне ажыццяўляецца канідыямі.

Палавое размнажэнне аскаміцэтаў (гаметангіягамія) заўжды ўключае ўтварэнне аска, або сумкі з гаплоіднымі аскаспорамі. Гэтыя ўтварэнні адрозніваюць аскаміцэты ад усіх астатніх аддзелаў грыбоў. Аскі звычайна фарміруюцца ўнутры пладовага цела, або аскакарпа, які ўяўляе сабой складаную структуру шчыльна пераплеценых аскагенных гаплоідных гіфаў. Пласт пладовага цела, дзе размяшчаюцца сумкі, называецца *гіменіяльным пластом* або *гіменіем*. Паміж сумкамі размешчаны стэрыльныя гіфы — *парафізы*. Па будове пладовыя целы могуць быць трох тыпаў.

Клейстатэцыі – замкнутыя пладовыя целы, якія ўтрымліваюць толькі сумкі. Паспеўшыя аскаспоры вызваляюцца толькі пасля разбурэння абалонкі пладовага цела.

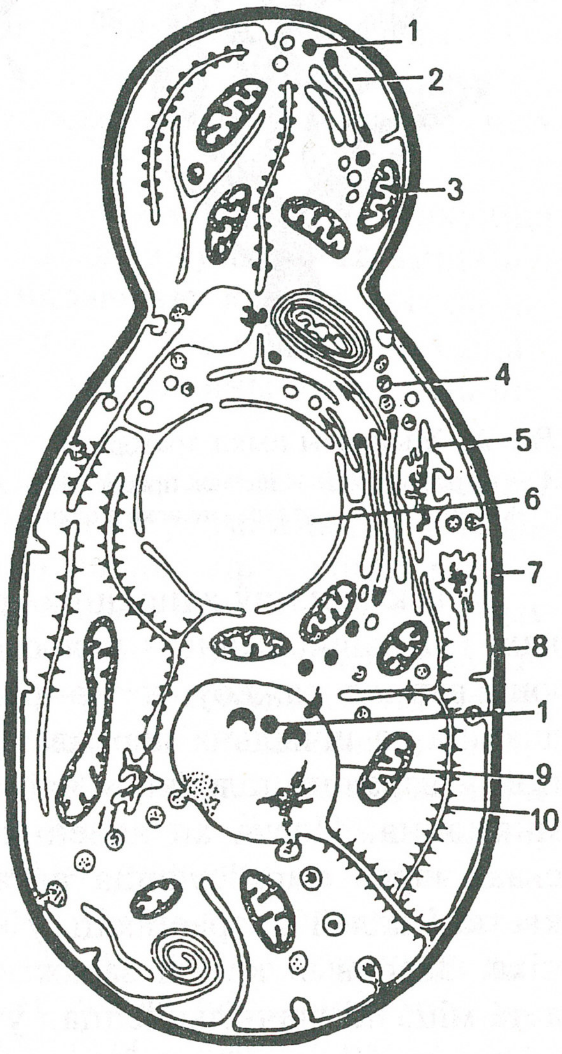
Перытэцыі – паўзамкнутыя пладовыя целы грушападобнай формы з адтулінай у верхняй частцы. Па меры выспявання сумкі набліжаюцца да адтуліны перытэцыя, ускрываюцца і аскаспоры выкідваюцца.

Апатэцыі – адкрытыя сподка- або чашападобныя пладовыя целы. Аскаспоры з апатэцыя выкідваюцца актыўна. Звычайна яны адлятаюць прыкладна на 2 см, але ў некаторых відаў раскідваюцца на адлегласць 30 см.

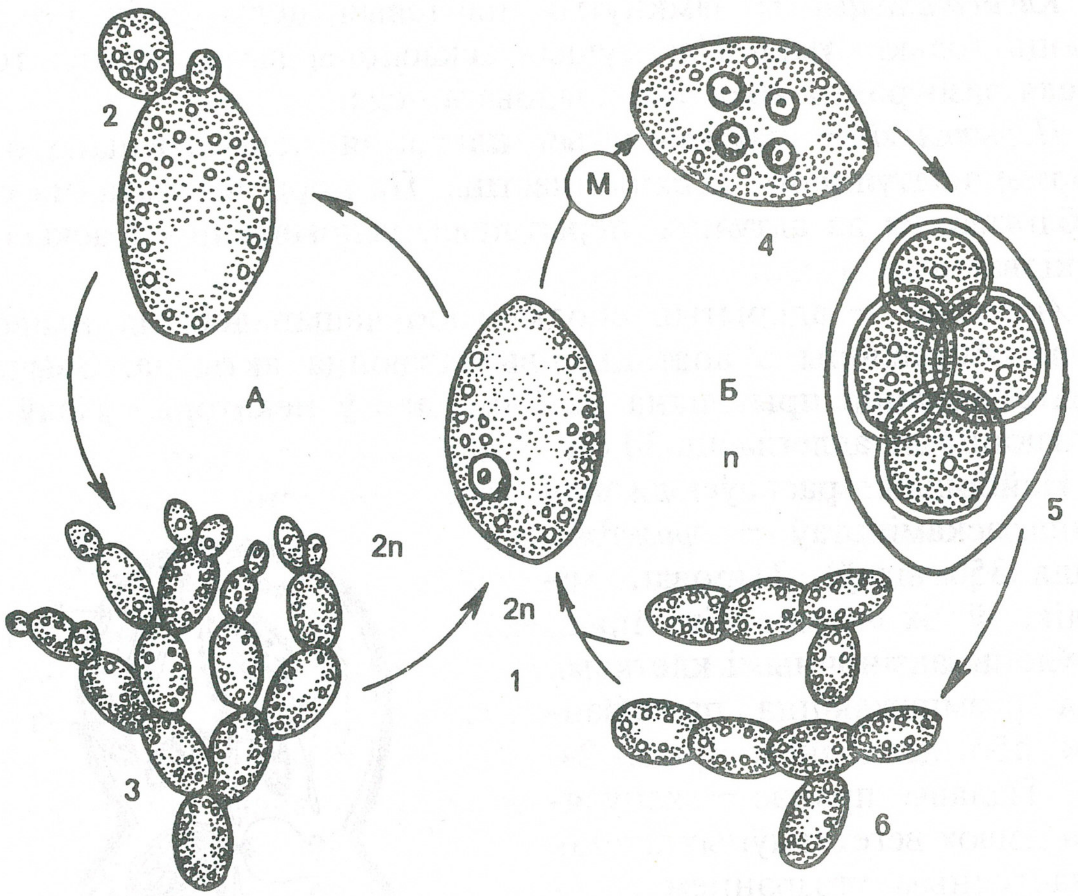
Найбольш распаўсюджаная група аскаміцэтаў – *дрожджы* (каля 350 відаў). Тыповага міцэлію ў іх няма. Ён прадстаўлены адзіночнымі клеткамі, якія размнажаюцца пачкаваннем або дзяленнем (рыс. 24, 25). Палавы працэс – капуляцыя дзвюх вегетатыўных клетак з наступным утварэннем аскаспор.

Для дражджэй характэрны аэробны абмен рэчываў. У якасці крыніцы вугляроду дрожджы выкарыстоўваюць розныя цукры, спірты, арганічныя кіслоты і г. д. Па гэтай прычыне яны сустракаюцца ўсюды, дзе ёсць адпаведная крыніца вугляроду. Сярод дражджэй не сустракаюцца віды, якія ўтваралі б таксічныя для чалавека рэчывы.

Пякарскія дрожджы існуюць толькі ў культуры. Сярод іх сустракаецца некалькі рас: вінныя, хлебапякарныя, піўныя і спіртавыя. Пры збраджванні вугляводаў дрожджы выдзяляюць шмат вуглякіслага газу і этылавага спірту, што шырока выкарыстоўваецца чалавекам.



Рыс.24. Будова дражджавой клеткі:
1 — ліпідныя ўключэнні; *2* — комплекс Гольджы; *3* — мітахондрыі; *4* — выдзяляльныя вакуолі; *5* — фагасома; *6* — ядро; *7* — абалонка; *8* — плазмалема; *9, 10* — эндаплазматычны рэтыкулум



Рыс.25. Жыццёвы цыкл дражджэй:

А — пачкаванне; *Б* — палавы працэс; *М* — меёз; *1* — вегетатыўная асобіна; *2, 3* — клеткі, якія пачкуюцца; *4, 5* — утварэнне аска з аскаспорамі; *6* — аскаспоры, якія пачкуюцца

Да аскаміцэтаў адносіцца грыб *спарыння*, які паразітуе на злаках. На пашкоджаным калоссі добра відаць склероцыі, якія маюць выгляд ражкоў чорна-фіялетавага колеру. Склероцыі складаюцца са шчыльна пераплеценых гіфаў; зімуюць у глебе і вясной утвараюць галоўкі, у якіх развіваюцца органы палавога размнажэння. Пасля апладнення ўтвараюцца перытэцыі, у якіх у сваю чаргу фарміруюцца аскаспоры. Аскаспоры трапляюць на кветкі і далей прарастаюць у міцэлій, які пранікае ў завязь песціка. Здаровыя клеткі заражаюцца таксама канідыямі. У канцы лета міцэлій ушчыльняецца і ўтварае склероцый.

Склероцыі спарынні ўтрымліваюць таксічныя рэчывы, што часам можа вызваць атручванне пры пападанні іх у муку.

Ранняй вясной у лесе можна сустрэць *смаржкі*. Пладовыя целы іх (апатэцыі) складаюцца з шапкі і ножкі. Шапка мае маршчыністую паверхню вохрава-бурай, бурай або шэра-вохравай афарбоўкі. Пладовае цела ядомае. Блізкія да смаржкоў *страчкі* адрозніваюцца бурай бясформеннай хвалістай шапкай; край яе

часткова зрастаецца з ножкай. Страчкі ўтрымліваюць ядавітыя рэчывы, якія разбураюцца пасля працяглага кіпячэння.

Аскаміцэты шырока распаўсюджаны ў прыродзе ва ўсіх прыродных зонах. Па спосабе жыўлення яны з'яўляюцца ў асноўным сапрабіёнтамі. Існуюць галоўным чынам у глебе, лясным падсціле або на іншых раслінных субстратах. Аскаміцэты вызываюць шэраг сур'ёзных захворванняў раслін (мучністая раса, парша яблыні і грушы і інш.).

БАЗІДЫЯМІЦЭТЫ

Найбольш прывычныя нам грыбы належаць менавіта да вялікага аддзела Базідыяміцэты (Basidiomycota), які ўключае больш за 25 000 відаў, у тым ліку ядомыя і ядавітыя шапкавыя грыбы, вясёлкі, дажджавікі, губавікі і дзве важныя групы патагенных грыбоў – ржаўныя і галаўнёвыя.

Органам палавога спаранашэння ў гэтых грыбоў з'яўляюцца *базідыі* – утварэнні, сходныя па функцыях з сумкамі аскаміцэтаў. Кожная базідыя ўяўляе сабой цыліндрычную клетку, на канцы якой развіваюцца чатыры базідыяспоры. Апошнія аддзяляюцца і пападаюць на субстрат. У спрыяльных умовах яны ўтвараюць новы міцэлій.

Утварэнню спор, як і ў сумчатых грыбоў, папярэднічае палавы працэс, але спецыяльных органаў палавога размнажэння ў іх не фарміруецца. Палавы працэс ажыццяўляецца пры зліцці клетак гаплоіднага міцэлію, які вырастае з базідыяспор. У гаматалічных відаў зліваюцца гіфы аднаго і таго ж грыба; у гетэраталічных, да якіх адносіцца большасць базідыяміцэтаў, зліваюцца клеткі гіфаў, якія бяруць пачатак ад спор з процілеглымі палавымі знакамі. Пры гэтым зліваецца толькі цытаплазма, а ядры аб'ядноўваюцца ў дыкарыёны, якія потым сінхронна дзеляцца. Дыкарыянтычны міцэлій існуе працяглы час і пры гэтым пранізвае субстрат: глебу, драўніну, сцёблы і лісце расліны-гаспадара. Палавы працэс завяршаецца зліццём ядраў дыкарыёнаў, меёзам і ўтварэннем базідый з базідыяспорамі. У жыццёвым цыкле базідыяміцэтаў дамінуе дыкарыянтычная фаза, а гаплоідная і дыплоідная вельмі кароткатэрміновыя.

У большасці відаў базідыі і базідыяспоры ўтвараюцца на пладовых целах, разнастайных па форме і памерах. Пладовае цела ўяўляе сабой шчыльныя спляценні гіфаў. У шапкавых грыбоў пладовае цела складаецца з шапкі і ножкі (пянька).

На ранніх стадыях развіцця пладовае цела можа быць пакрыта плёнкай, якая разрываецца па меры яго росту. У некаторых ро-

даў рэшткі яе відаць на верхняй паверхні шапкі або ў аснове ножкі, дзе ўтвараецца чашападобнае пакрывальца (вольва).

Паверхня пладовага цела, якая нясе гіменій, называецца *гіменафорам*. У прымітыўных прадстаўнікоў ён гладкі, а ў высокаарганізаваных мае форму пласцінак або трубачак, што значна павялічвае паверхню гіменіяльнага пласта. Пласціністы гіменафор у шампіньёна, грузда, апенькі, сыраежкі, лісічкі, мухамора чырвонага, мухамора зялёнага, белай паганкі.

У губавікоў, белых грыбоў, падбярозавікаў, падасінавікаў і іншых гіменій высцілае шматлікія трубачкі на ніжнім баку шапкі (трубчасты гіменафор).

У адносна аднастайных месцапражываннях (напрыклад, на палянах або лугах) міцэлій распаўсюджваецца пад зямлёй уніз і ў бакі, у выніку чаго на паверхні ўтвараецца кольца пладовых цел, якое называюць «ведзьміным кольцам». Гэта адбываецца таму, што на адкрытых прасторах міцэлій раўнамерна расце ва ўсіх накірунках і адмірае ў цэнтры, а спараносныя структуры фарміруюцца толькі па яго вонкавым краі, дзе развіццё грыба ідзе больш актыўна, паколькі ў гэтай зоне глеба найбольш багатая пажыўнымі рэчывамі.

Да базідыяміцэтаў адносяцца вясёлкі, земляныя зорачкі, псеўдатруфелі, бакальчыкі, дажджавікі.

Вясёлкі (напрыклад, Phallus impudicus) маюць арыгінальную будову. Пладовае цела развіваецца пад зямлёй у выглядзе тугіх мяшочкаў, а пры пасяванні ўтвараюць з іх надземныя часткі — шчыльныя губкаватыя полыя ножкі з шапкай на верхавіне. Шапка іх сеткавата-ячэістая, пакрытая пластом зеленавата-аліўкавай слізі (якая ўтрымлівае споры) з рэзкім пахам падлы, які прываблівае мух і жукоў, што распаўсюджваюць споры.

У *дажджавікоў* пры пасяванні пладовых цел унутраная частка высыхае, і грыбы, калі да іх дакрануцца, выкідваюць «воблака» спор. Адзін дажджавік можа ўтварыць некалькі трыльёнаў базідыяспор.

Пладовыя целы ў *бакальчыкаў* пачынаюць развівацца, як і ў дажджавікоў, але пасля разбурэння большай часткі ўнутранай структуры робяцца падобнымі да маленькіх птушыных гнёздаў.

Базідыяльныя грыбы ў асноўным з'яўляюцца сапрабіёнтамі; сярод іх шмат карысных, ядомых, але ёсць ядавітыя і небяспечныя разбуральнікі жывой і мёртвай драўніны.

Шмат ядавітых грыбоў належыць да сям'і *мухаморавых*. Таксічныя рэчывы, што ўтрымліваюцца ў целе грыбоў, адносяцца да групы поліпептыдаў. Прыкметы атручвання ў чалавека праяўляюцца праз 10–12 гадзін пасля ўжывання ў ежу ядавітых

грыбоў, калі дапамагчы ўжо немагчыма. Смяротная доза для дарослага чалавека складае ўсяго 30 г грыбоў.

Дамавы грыб (Serpula lacrymans) з'яўляецца разбуральнікам драўняных матэрыялаў (бэлек, перакрыццяў).

Сапраўдны губавік (Fomes fomentarius) паразітуе на бярозе, буку. Міцэлій яго развіваецца ў драўніне, а на паверхні ствала дрэва ўтвараюцца шматгадовыя пладовыя целы капытападобнай формы.

На лісцевых пародах (асіна, вольха, бяроза, дуб) паразітуе *несапраўдны губавік* (Phellinus igniarius), які выклікае ўтварэнне дуплаў.

Грыб *чага* (Inonotus obliquus) утварае на ствалах бяроз чорныя нарасты няправільнай формы, якія растрэскваюцца. Экстракт чагі выкарыстоўваецца ў медыцыне для лячэння некаторых анкалагічных захворванняў.

Да раслінных паразітаў адносяцца галаўнёвыя і ржаўныя грыбы.

Галаўнёвыя грыбы ў асноўным пашкоджваюць кветкі (тычынкі, завязь), насенне, а таксама лісце, сцёблы, карані, на якіх утвараюцца характэрныя ўздуцці ў выглядзе палос або галаў цёмнага колеру. Разбураныя рэпрадуктыўныя органы ператвараюцца ў цёмную масу — скопішча спор, што знаходзяцца ў стане спакою. Знешне яны нагадваюць галавешку — адсюль і назва групы. Істотную шкоду галаўнёвыя грыбы наносяць хлебным злакам.

Ржаўныя грыбы таксама паразітуюць на многіх вышэйшых раслінах. Міцэлій ржаўных грыбоў распаўсюджваецца па міжклетніках тканак заражаных раслін. Ён утрымлівае кроплі алею, афарбаваныя пігментам, блізкім да каражціну, у аранжавы колер. Хворыя расліны пакрываюцца падушачкамі аранжавага або чырвона-бурага колеру — тканкай расліны-гаспадара, пранізанай гіфамі грыба. У сувязі з гэтым хвароба, якую выклікае грыб, называецца ржаўчынай.

ДЭЙТЭРАМІЦЭТЫ

Аддзел Дэйтэраміцэты, або недасканалыя грыбы (Deuteromycota, Fungi imperfecti), уключае каля 25 000 відаў. У грыбоў добра развіты клетачны міцэлій. Характэрнай асаблівасцю грыбоў гэтай групы з'яўляецца адсутнасць палавога працэсу. Большасць такіх «недасканалых грыбоў», па сутнасці, з'яўляецца аскаміцэтамі, якія ўтвараюць толькі канідыі; але некаторыя па характэрных прыкметах можна аднесці да базідыяміцэтаў.

Недасканалыя грыбы — штучная група, якая аб'ядноўвае разнастайныя арганізмы з царства грыбоў і выдзяляецца ў асноўным

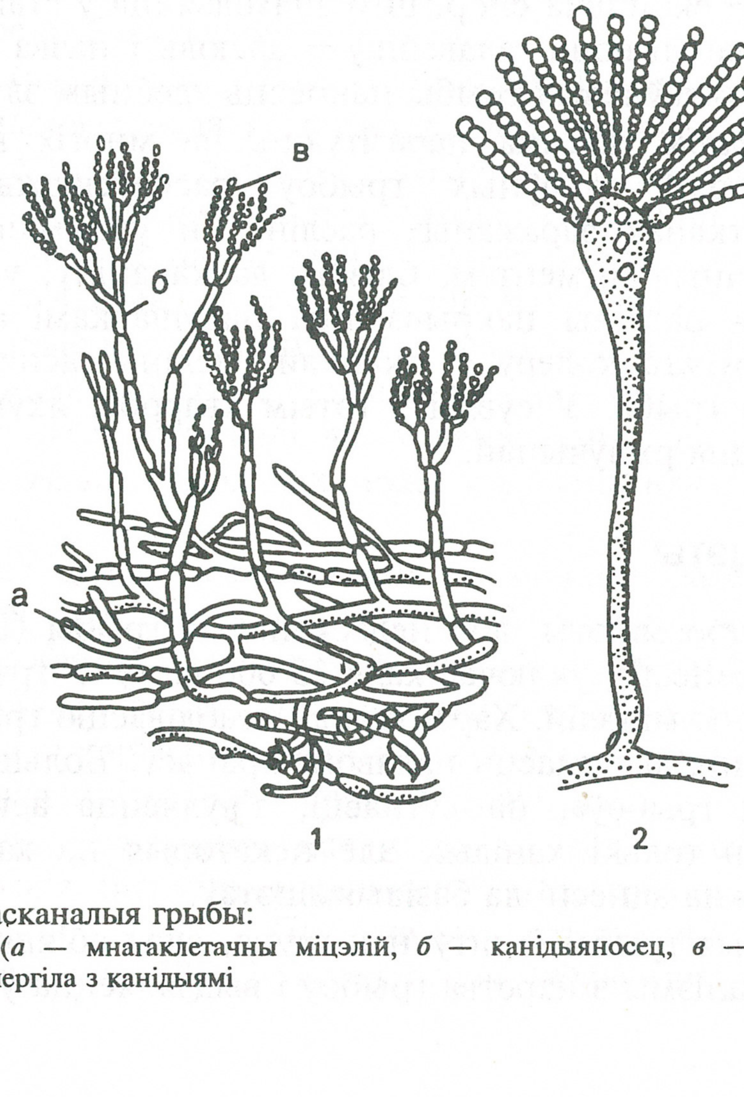
з мэтай больш зручнага карыстання пры вызначэнні формаў (формы вызначаюцца па тыпе ўтварэння і размяшчэння канідыяспор).

Адну з самых важных груп дэйтэраміцэтаў складаюць шматлікія віды з родаў пеніцыл і аспергіл, якія распаўсюджаны ад Арктыкі да тропікаў у глебе і на субстратах расліннага паходжання.

У шэрага відаў гэтых родаў вядомы таксама сумчатыя стадыі, таму іх нярэдка разглядаюць сярод аскаміцэтаў.

Пеніцыл – шырока распаўсюджаны сапрабіёнт; ён утварае блакітную, зялёную, а часам і жоўтую цвіль на самых розных субстратах. Шмат якія віды пеніцыла пашкоджваюць фрукты, агародніну, прадукты, абутак, адзенне, кнігі. Міцэлій гэтага грыба ўтварае круглыя калоніі невялікага памеру. Споры надаюць спецыфічную афарбоўку гэтым калоніям.

Пеніцыл лёгка адрозніць ад іншых грыбоў па характэрных канідыяносцах, якія нагадваюць кісць рукі (рыс. 26, *1*), таму грыб называюць яшчэ *кісцявіком*. Мнагаклетачныя разгалінаваныя канідыяносцы нясуць на сабе добра развітыя стэрыгмы, ад якіх адчляняюцца канідыі.



Рыс. 26. Недасканалыя грыбы:
1 — пеніцыл (*а* — мнагаклетачны міцэлій, *б* — канідыяносец, *в* — канідыі); *2* — канідыяносец аспергіла з канідыямі

Некаторыя з відаў кісцявіка прадуцыруюць антыбіётыкі (пеніцылін, грызеафульвін і інш.), якія выкарыстоўваюцца для барацьбы з інфекцыйнымі захворваннямі.

Аспергіл таксама шырока пашыраны ў прыродзе і звычайна расце на тых жа субстратах, што і кісцявік, да таго ж вельмі на яго падобны. Гэты грыб утварае зялёныя, жоўтыя, карычневыя і чорныя цвілі.

Размнажаецца аспергіл, як і кісцявік, з дапамогай спор. На міцэліі ўзнікаюць аднаклетачныя канідыяносцы, шарападобна ўздутыя на верхавіне (рыс. 26, *2*). Ад іх адыходзяць слабаразвітыя стэрыгмы, што адчляняюць ланцужкі канідый. Агульнае размяшчэнне канідый нагадвае струмені вады, якая выцякае з лейкі, за што грыб называюць леечным. Гэты сапрабіёнтны грыб збро-джвае цукар і выдзяляе ў субстрат арганічныя кіслоты. Таму ён выкарыстоўваецца для атрымання лімоннай кіслаты, якая шырока ўжываецца ў харчовай і фармацэўтычнай прамысловасці. Аспергіл выкарыстоўваецца таксама ў вытворчасці фумаравай і глюконавай кіслот, ферментаў (пратэіназы, амілазы).

У той жа час не ўсе злучэнні, што выдзяляюць недасканалыя грыбы, карысныя для чалавека. Многія з іх выпрацоўваюць рэчывы з ядавітымі і канцэрагеннымі ўласцівасцямі або рэчывы, якія прыгнятаюць сінтэз бялку ў клетках эўкарыётаў.

Шмат якія віды вызываюць захворванні раслін, жывёлін і чалавека. Напрыклад, віды роду фузарыум (Fusarium) вызываюць гібель азімых ад «снежнай цвілі»; роду вертыцыл (Verticillium) — завяданне раслін бульбы, таматаў (вілт раслін); роду батрыціс (Botrytis) — «шэрую цвіль» — захворванне, пры якім пашкоджваюцца плады суніц, насенне струкавых, караняплоды морквы.

Група грыбоў — *дэрматафіты* — вызывае захворванне скуры людзей і жывёлін (стрыгучы лішай, эпідэрмафіты ступні і іншыя мікозы).

ЗНАЧЭННЕ ГРЫБОЎ У ПРЫРОДЗЕ І ЖЫЦЦІ ЧАЛАВЕКА

Як вядома, грыбы — бесхларафільныя арганізмы. Гэта значыць, што па тыпе жыўлення яны адносяцца да гетэратрофаў і разам з гетэратрофнымі бактэрыямі і некаторымі іншымі групамі гетэратрофных арганізмаў выконваюць у прыродзе ролю рэдуцэнтаў (разбуральнікаў). Іх дзейнасць, як і прадуцэнтаў, таксама неабходная для існавання біясферы. У працэсе раскладвання арганічных рэчываў у атмасферу выдзяляецца вуглякіслы газ, а азотныя і іншыя злучэнні вяртаюцца ў глебу, дзе яны зноў выка-

рыстоўваюцца раслінамі. Такім чынам, падтрымліваецца кругаварот рэчываў у прыродзе.

Грыбы-сапрабіёнты разам з бактэрыямі і некаторымі пратыстамі ажыццяўляюць біялагічную ачыстку сцёкавых вод.

Некаторыя з грыбоў адыгрываюць важную ролю ў мінеральным жыўленні раслін. Усходы лясных дрэў, вырашчаныя на стэрыльным пажыўным растворы і потым перанесеныя ў адкрыты грунт, дрэнна растуць і вельмі часта адміраюць ад недахопу пажыўных рэчываў, у той час як глеба багатая імі. Але калі вакол каранёў сеянцаў дадаць невялікую колькасць лясной глебы, якая ўтрымлівае грыбы, рост раслін нармалізуецца. Гэта абумоўлена цесным узаемавыгадным сімбіёзам каранёў раслін і грыбоў. Такі сімбіёз называецца *мікарызай* («грыбакоранем»). Калі гіфы грыба аплятаюць маладыя бакавыя карэньчыкі, звонку ўтвараецца чахол, які выконвае ролю каранёвых валаскоў (эктатрофная мікарыза). У гэтым выпадку карэньчыкі спыняюць рост у даўжыню, каранёвыя валаскі адміраюць, а іх функцыю выконвае міцэлій.

Грыбы выкарыстоўваюць арганічныя азоцістыя злучэнні, якія расліны непасрэдна ўсмоктваць не могуць, і забяспечваюць імі карані раслін. Ад грыбоў расліны атрымліваюць таксама некаторыя вітаміны і роставыя рэчывы; яны ажыццяўляюць транспарт фосфарных злучэнняў у карані раслін. З дапамогай грыбоў ажыццяўляецца сувязь адной расліны з другой.

У сваю чаргу грыбы атрымліваюць ад раслін пажыўныя рэчывы, і ў першую чаргу вугляводы. У іншых выпадках грыбныя гіфы пранікаюць у клеткі кары кораня, дзе ўтвараюць спіралі, уздуцці і разгалінаванні. Гэта эндатрофная мікарыза. Эндамікарыза сустракаецца ў 80 % усіх сасудзістых раслін.

Грыбы наносяць адчувальны ўрон чалавеку. Яны не адрозніваюць гнілых дрэў, што ўпалі на зямлю, ад драўлянай агароджы, перакрыццяў і іншых збудаванняў і актыўна пашкоджваюць і тое, і другое. Грыбы псуюць тканіну, фарбы, кардон, паперу, скуру, воск, паліва, ізаляцыю кабелю і праводкі, фотаплёнку і нават лінзы аптычных прыбораў; часта пашкоджваюць кнігі, карціны і іншыя вырабы.

Шмат якія грыбы растуць на хлебе, фруктах, агародніне, насенні, мясе і зніжаюць пры гэтым іх пажыўную каштоўнасць і смакавыя якасці. Яны таксама выпрацоўваюць моцныя яды; некаторыя прадукты іх жыццядзейнасці з'яўляюцца канцэрагенамі і ўплываюць на арганізм чалавека пры вельмі малых канцэнтрацыях (дзесяцімільённыя долі працэнта).

Грыбы з'яўляюцца найбольш распаўсюджанымі фітапатагенамі, каля 5000 відаў пашкоджвае важныя сельскагаспадарчыя рас-

ліны. Адны пашкоджваюць жывыя дрэвы, другія вызываюць сур'ёзныя захворванні чалавека і хатняй жывёлы.

У той жа час некаторыя ўласцівасці грыбоў карысныя для чалавека. Шмат якія віды, асабліва дрожджы, здольныя пры браджэнні выпрацоўваць вуглякіслы газ і спірт. Гэты працэс выкарыстоўваецца ў хлебапячэнні, вінаробстве, вытворчасці піва і іншых напіткаў (квасу, сідру, японскага сакэ).

Некаторыя віды грыбоў – каштоўная крыніца антыбіётыкаў і арганічных кіслот.

З глебавых грыбоў выдзяляюць рэчыва цыкласпарын, якое падаўляе імунныя рэакцыі арганізма чалавека, што ўзнікаюць пры трансплантацыі органаў. Адкрыццё гэтага прэпарата зрабіла магчымым перасадку сэрца і іншых органаў у пачатку 80-х гадоў.

Шапачныя грыбы ўжываюцца ў ежу. Яны маюць высокія смакавыя якасці, але арганізм вельмі марудна ператраўляе іх і дрэнна засвойвае.

Акрамя таго, трэба мець на ўвазе, што грыбы жывяцца адсарбтыўна і пры гэтым актыўна паглынаюць радыенукліды. Таму ўжываць грыбы ў ежу ў зонах радыеактыўнага забруджвання не рэкамендуецца.

РАСЛІНЫ

Расліны – гэта фотасінтэзуючыя эўкарыятычныя арганізмы, якія ажыццяўляюць сінтэз арганічных рэчываў з неарганічных (вуглякіслага газу і вады) за кошт энергіі сонечнага святла. Для іх характэрны аэробны фотасінтэз, г. зн. фотасінтэз, у выніку якога выдзяляецца кісларод. Клеткі раслін у сваім складзе ўтрымліваюць хларапласты. Запасным рэчывам з'яўляецца крухмал. Раслінныя клеткі звонку пакрытыя шчыльнай, як правіла цэлюлознай, абалонкай. Для раслін характэрна чаргаванне пакаленняў (бясполага і палавога). У жыццёвым цыкле часцей пераважваюць дыплоідныя арганізмы. Уласцівае некаторым раслінам гетэратрофнае або змешанае жыўленне (напрыклад, у раслін-паразітаў, насякомаедных раслін, паўпаразітаў) заўсёды другаснага паходжання.

Найстаражытнейшыя расліны з'явіліся ў пратэразоі. Гэта былі сапраўдныя водарасці. Першыя наземныя расліны, верагодна, узніклі на мяжы пратэразоя і фанеразоя. У фанеразоі, у другой палове сілуру на сушы ўзніклі вышэйшыя расліны, якія сталі дамінаваць ва ўсе наступныя геалагічныя эпохі.

Расліны адыгрываюць вельмі важную ролю ў жыцці ўсіх арганізмаў, што насяляюць нашу планету, паколькі яны акумулююць сонечную энергію і ўтвараюць арганічнае рэчыва і тым самым забяспечваюць існаванне другіх арганізмаў.

Царства раслін аб'ядноўвае каля 500 000 відаў, прадстаўлена самымі разнастайнымі формамі – ад мікраскапічных раслін, якія можна адрозніць толькі пад мікраскопам, да велізарных дрэў, што падымаюцца над зямлёй больш чым на 100 м.

У гэтым раздзеле каратка разгледзім асноўныя групы раслін.

Царства раслін падзяляюць на тры падцарствы: сапраўдныя водарасці; багранкі, або чырвоныя водарасці, і вышэйшыя расліны.

Вегетатыўнае цела сапраўдных і чырвоных водарасцей не расчленена на органы і тканкі. Вышэйшыя расліны ў адрозненне ад водарасцей больш складаныя, дыферэнцыраваныя на органы і тканкі арганізмы, прыстасаваныя да пражывання ў наземным асяроддзі. Зігота вышэйшых раслін, як правіла, пераўтвараецца ў мнагаклетачны зародак, таму іх часта называюць яшчэ зародкавымі раслінамі (Embryobionta).

ВОДАРАСЦІ

Водарасці (Algae) – гэта ніжэйшыя расліны, распаўсюджаныя пераважна ў вадзе. Але сустракаюцца і сухапутныя віды, што жывуць у наземных умовах з павышаным увільгатненнем (на кары дрэў, на глебе і г. д.).

Паняцце «водарасці» ў навуковых адносінах не зусім дакладнае. Слова «водарасці» азначае толькі тое, што гэта расліны, якія жывуць у вадзе. У той жа час у вадзе жывуць і другія расліны, якія з навуковага пункту гледжання нельга назваць водарасцямі (напрыклад, мох фантыналіс, папараць сальвінія, некаторыя кветкавыя расліны – эладэя, валіснерыя, гарлачык белы, гарлачык жоўты і інш.).

У марфалагічных адносінах для водарасцей самай істотнай прыкметай з'яўляецца адсутнасць сапраўдных сцёблаў, лісця і каранёў, тыповых для вышэйшых раслін. Іх цела абазначаецца як *слаявішча*, або *талом*.

У межах слаявішчнага тыпу будовы водарасці маюць вялікую разнастайнасць структур талома, што з'яўляецца вынікам эвалюцыі. Асноўныя віды марфалагічнай структуры: *амебоідны* – без клетачнай абалонкі і пастаяннай формы цела (некаторыя залацістыя і жоўта-зялёныя водарасці); *манадны* – у аднаклетачных з цвёрдай абалонкай або перыпластам з адным, двума ці з некалькімі жгуцікамі (эўгленавыя, жоўта-зялёныя, зялёныя і інш.); *какоідны* – асобныя клеткі з цвёрдай абалонкай без жгуцікаў (у дыятомавых); *пальмелоідны* – буйныя, пераважна прымацаваныя слізістыя целы пэўнай формы з мноствам какоідных клетак унутры (у зялёных); *ніткаваты* – некалькі, часта мноства клетак у форме простых або галінастых, свабодных ці прымацаваных і злучаных у слізістыя калоніі нітак (у зялёных, жоўта-зялёных і інш.); *пласцініcты* – мнагаклетачны, адна-, двух- або многапла-

ставы талом у форме пласцінак (у зялёных, бурых, чырвоных); *сіфанальны* – слаявішча без клетачных перагародак, з мноствам ядраў (у зялёных, жоўта-зялёных); *харафітны* – мнагаклетачнае лінейна-членістае слаявішча.

Целы водарасцей бываюць ад мікраскапічна дробных да буйных, часам яны дасягаюць некалькіх дзесяткаў метраў у даўжыню. Сярод водарасцей ёсць рухомыя формы, у якіх развіваюцца органы руху – жгуцікі або раснічкі, і нерухомыя.

Асноўнай структурнай адзінкай водарасцей з'яўляецца *клетка*. У большасці выпадкаў клеткі водарасцей пакрыты абалонкай, утворанай цэлюлозай і пекцінавымі рэчывамі. Пад абалонкай размяшчаецца цытаплазма, у якой знаходзяцца арганоіды: адно-два або некалькі ядраў, мітахондрыі, дыктыясомы, эндаплазматычны рэтыкулум і інш. Усе водарасці – аўтатрофныя арганізмы. Іх клеткі ўтрымліваюць хларапласты, у якіх сканцэнтраваны рознай формы хларафіл: *a, b, c, d*. Акрамя хларафілу, утрымліваюцца і іншыя пігменты: фікацыяніны – сінія; фікаэрытрыны – чырвоныя; фукаксанціны – бурыя; караціноіды – аранжавыя. Разам з хларафілам яны надаюць розную афарбоўку водарасцям.

Хларапласты водарасцей адрозніваюцца вялікай разнастайнасцю марфалагічнай будовы: пласціністыя, зорчатыя, спіральныя, стужкападобныя, келіхападобныя і г. д. Асаблівасцю гэтых хларапластаў з'яўляецца адсутнасць у іх гранаў. Некаторыя водарасці маюць *стыгму* – святлоадчувальнае вочка.

Размнажаюцца водарасці бясполым і палавым шляхам.

Бясполае размнажэнне ажыццяўляецца як вегетатыўна, так і з дапамогай спор. Вегетатыўнае размнажэнне – падзел клеткі на часткі, размнажэнне часткамі слаявішча, спецыяльнымі органамі (напрыклад, клубеньчыкамі ў харавых водарасцей). Пры *спаравым размнажэнні* водарасці ўтвараюць споры рухомыя (зааспоры) або нерухомыя (апланаспоры). Споры ўзнікаюць у спецыяльных органах – спарангіях або ўнутры вегетатыўных клетак.

Палавое размнажэнне ажыццяўляецца з дапамогай палавых клетак – *гамет*, пасля парнага зліцця якіх фарміруецца зігота, што дае новую асобіну. Асноўныя тыпы палавога размнажэння: ізагамія, гетэрагамія і аагамія.

У водарасцей сустракаецца таксама *кан'югацыя* – зліццё пратапластаў неспецыялізаваных клетак і *галагамія* – зліццё двух дарослых аднаклетачных арганізмаў.

Для большасці водарасцей устаноўлена, што развіццё спор і гамет залежыць ад умоў навакольнага асяроддзя. Часцей за ўсё развіццё органаў таго ці іншага тыпу вызначаецца тэмпературай. Напрыклад, на пласціністым слаявішчы аднаго з відаў парфіры

(чырвоныя водарасці) пры тэмпературы ніжэй +15...+17 °С развіваюцца органы палавога размнажэння, а пры больш высокіх тэмпературах – органы бясполага размнажэння. Пры прамежкавай тэмпературы развіццё тых ці іншых органаў вызначаецца такімі фактарамі, як інтэнсіўнасць святла, даўжыня дня, сезонныя змены хімічнага складу вады або салёнасці і інш. Даволі часта споры і гаметы ўтвараюцца ў клетках адной і той жа асобіны, але ў многіх выпадках споры фарміруюцца на адных асобінах, а гаметы – на другіх.

Асобіна, на якой развіваюцца гаметы, называецца *гаметафітам,* а на якой утвараюцца споры, – *спарафітам.*

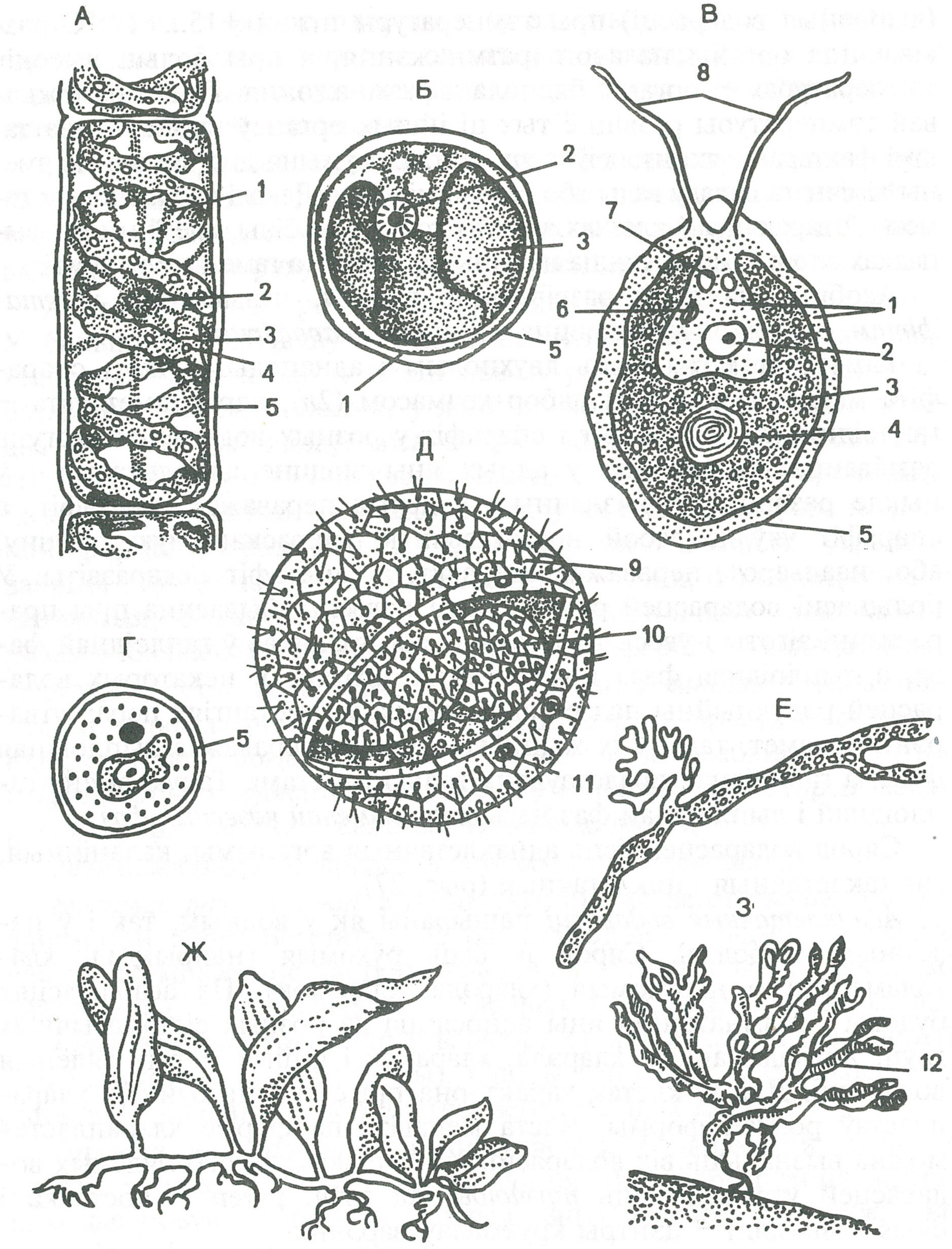
Гаметафіт можа быць двухполым і аднаполым. Ядры спарафіта маюць дыплоідны набор храмасом (2*n*), ядры гаметафіта – гаплоідны (*n*). Гаметафіт і спарафіт у розных водарасцей могуць развівацца па-рознаму: у адных яны знешне аднолькавыя і ў цыкле развіцця раўназначныя; у другіх пераважае гаметафіт, а спарафіт уяўляе сабой недаўгавечную мікраскапічную расліну, або, наадварот, пераважае спарафіт, а гаметафіт недаразвіты. У большасці водарасцей рэдукцыйны падзел адбываецца пры прарастанні зіготы і ўвесь жыццёвы цыкл працякае ў гаплоіднай фазе, а дыплоідная фаза прадстаўлена зіготай. У некаторых водарасцей рэдукцыйны падзел адбываецца ў гаметангіях перад утварэннем гамет, тады ў іх жыццёвым цыкле пераважае дыплоідная фаза, а гаплоідная прадстаўлена толькі гаметамі. Такую змену гаплоіднай і дыплоіднай фаз называюць *зменай ядзерных фаз.*

Сярод водарасцей ёсць аднаклетачныя арганізмы, каланійныя, мнагаклетачныя і няклетачныя (рыс. 27).

Аднаклетачныя водарасці пашыраны як у водным, так і ў наземным асяроддзі. Сярод іх ёсць рухомыя (напрыклад, хламідаманада) і нерухомыя (хларэла, хларакок). Па асаблівасцях будовы і размнажэння яны адносяцца да розных сістэматычных груп. Хламідаманада, хларэла, хларакок і іншыя – гэта зялёныя водарасці. Для іх клетак характэрна прысутнасць буйных хларапластаў рознай формы. Часта менавіта па форме хларапластаў можна вызначыць від водарасці. Хларапласты многіх зялёных водарасцей утрымліваюць *пірэноіды* (ад грэч. pyren – костачка і oïdas – выгляд) – цэнтры крухмалаўтварэння.

Аднаклетачныя водарасці сустракаюцца і сярод прадстаўнікоў іншых аддзелаў.

Каланійныя водарасці могуць складацца або з аднародных клетак, як, напрыклад, вадзяная сетачка з аддзела зялёных водарасцей, або з розных, дзе разам з вегетатыўнымі клеткамі сустракаюцца клеткі размнажэння (вальвокс). У такім выпадку калонія мае некаторае падабенства да мнагаклетачнага арганізма.



Рыс. 27. Разнастайнасць водарасцей:

А — спірагіра; *Б* — хларэла; *В* — хламідаманада; *Г* — хларакок; *Д* — вальвокс; *Е* — вашэрыя; *Ж* — каулерпа; *З* — фукус; *1* — цытаплазма; *2* — ядро; *3* — хларапласт; *4* — пірэноід; *5* — абалонка; *6* — стыгма; *7* — вакуолі; *8* — жгуцікі; *9, 10* — адпаведна матчына і даччына калоніі; *11* — палавыя клеткі; *12* — скафідыі

Няклетачныя, або *сіфанальныя, водарасці* ўяўляюць сабой адну велізарную клетку з мноствам ядраў.

Мнагаклетачныя водарасці маюць самую разнастайную будову. Сярод іх сустракаюцца ніткаватыя негалінастыя формы (спірагіра), ніткаватыя галінастыя формы (кладафора), пласціністыя формы, што галінуюцца ў адной плоскасці (фукус) або ў розных плоскасцях (хара). У мнагаклетачных водарасцей разам з вегетатыўнымі клеткамі, якія складаюць асноўную масу цела, утвараюцца спецыялізаваныя клеткі размнажэння — зааспарангіі са спорамі, палавыя органы з палавымі клеткамі. Часам, як, напрыклад, у спірагіры, кожная вегетатыўная клетка цела можа станавіцца палавой і ўдзельнічаць у палавым працэсе.

Водарасці — вельмі важныя першасныя прадуцэнты, з якіх пачынаецца большасць харчовых ланцугоў, у тым ліку практычна ўсе марскія і многія прэснаводныя ланцугі. Праз заапланктон, ракападобных гэтыя ланцугі даходзяць да рыб. Але фіксацыя вуглякіслага газу — гэта толькі адзін з вынікаў фотасінтэзу. Дзякуючы фотасінтэзу падтрымліваецца ўзровень кіслароду ў атмасферы, пры гэтым лічыцца, што прыкладна палову ўсяго кіслароду выдзяляюць водарасці, і іх уклад у гэты працэс намнога большы, чым уклад наземных лясоў.

У прыморскіх краінах водарасці выкарыстоўваюць у ежу, на корм жывёле, для ўгнаення палёў. З многіх водарасцей атрымліваюць ёд і бром, з бурых водарасцей выпрацоўваюць альгінавую кіслату і яе вытворныя — *альгінаты* — поліцукрыды, якія экстрагуюць з пасярэдніх пласцінак і сценак клеткі. Гэтыя рэчывы выкарыстоўваюць у якасці ацвярджальнікаў і жэлеўтваральных рэчываў — для атрымання касметычных крэмаў; у якасці эмульгатараў — для прыгатавання марожанага; у якасці жэлеўтваральных рэчываў — у кандытарскай прамысловасці і для прыгатавання клею, лакаў, фарбаў, лекаў.

З чырвоных водарасцей атрымліваюць агар, які выкарыстоўваецца як пажыўнае асяроддзе пры вырошчванні мікраарганізмаў і ў кандытарскай прамысловасці.

У прэсных вадаёмах водарасці ўдзельнічаюць ва ўтварэнні арганічнага ілу. Яго выкарыстоўваюць у гразелячэнні, а таксама на корм жывёле і як угнаенне.

У сістэматычных адносінах водарасці ўяўляюць сабой аб'яднаную групу. Аддзелы Зялёныя водарасці, Бурыя, Дыятомавыя і некаторыя іншыя складаюць падцарства сапраўдных водарасцей царства Расліны, а чырвоныя водарасці ўваходзяць у склад падцарства Багранкі.

ДЫЯТОМАВЫЯ ВОДАРАСЦІ

Дыятомавыя водарасці — мікраскапічныя аднаклетачныя і каланійныя водарасці бура-жоўтага колеру. Гэта жыхары бентасу[1] і асабліва планктону[2] мораў і акіянаў. Значна радзей яны сустракаюцца ў прэсных вадаёмах і на сушы. Аддзел Дыятомавыя ўключае звыш 10 000 відаў, з якіх каля 900 распаўсюджаны на тэрыторыі Беларусі.

Асаблівасцю гэтых водарасцей з'яўляецца ўтрыманне ў абалонцы клетак крэменязёму. Абалонка ўяўляе сабой панцыр, які складаецца з дзвюх палавінак (як каробачка і крышачка). Кожны від дыятомавых водарасцей мае свой непаўторны малюнак і структуру панцыра ў форме розных вонкавых выраставў і ўнутраных патаўшчэнняў, рэбраў, септаў, вузельчыкаў і г. д. Вонкавымі вырастамі клеткі многіх планктонных водарасцей счэпліваюцца адна з другой (рыс. 28).

Афарбоўка гэтых водарасцей абумоўлена пігментамі, якія ўтрымліваюцца ў іх хларапластах (хларафіл *a* і *c*, ксантафіл, карацін і бура-жоўты пігмент дыятамін).

Размнажаюцца дыятомавыя водарасці вегетатыўным (падзелам клетак) і палавым шляхам. Пры спрыяльных умовах (вясною і на пачатку лета) клеткі планктонных відаў падзяляюцца 3—8 разоў у суткі, бентасных — адзін раз у 4 і нават у 25 дзён. Перад падзелам у пратапласце назапашваецца алей. Ён павялічваецца ў аб'ёме і ў выніку гэтага палавінкі панцыра разыходзяцца, мітатычна дзеліцца ядро, а потым і ўвесь пратапласт. Кожная дачыная клетка атрымлівае толькі адну палавінку, а другую дабудоўвае сама.

Некаторыя бентасныя формы здольныя да рэактыўнага перамяшчэння. На палавінках іх панцыра ёсць шчыліна або шоў, праз якія адбываецца сувязь унутранага змесціва клетак з навакольным асяроддзем. Праз гэтыя шчыліны выдзяляюцца рэчывы, што адштурхоўваюць клетку ад субстрату.

Дзякуючы панцыру дыятомавыя водарасці добра захоўваюцца ў выкапнёвым становішчы з юрскага перыяду. Пасля адмірання яны апускаліся на дно вадаёмаў і ўтварылі магутныя адклады, вядомыя, як *дыятаміт*. Апошні выкарыстоўваецца як шліфа-

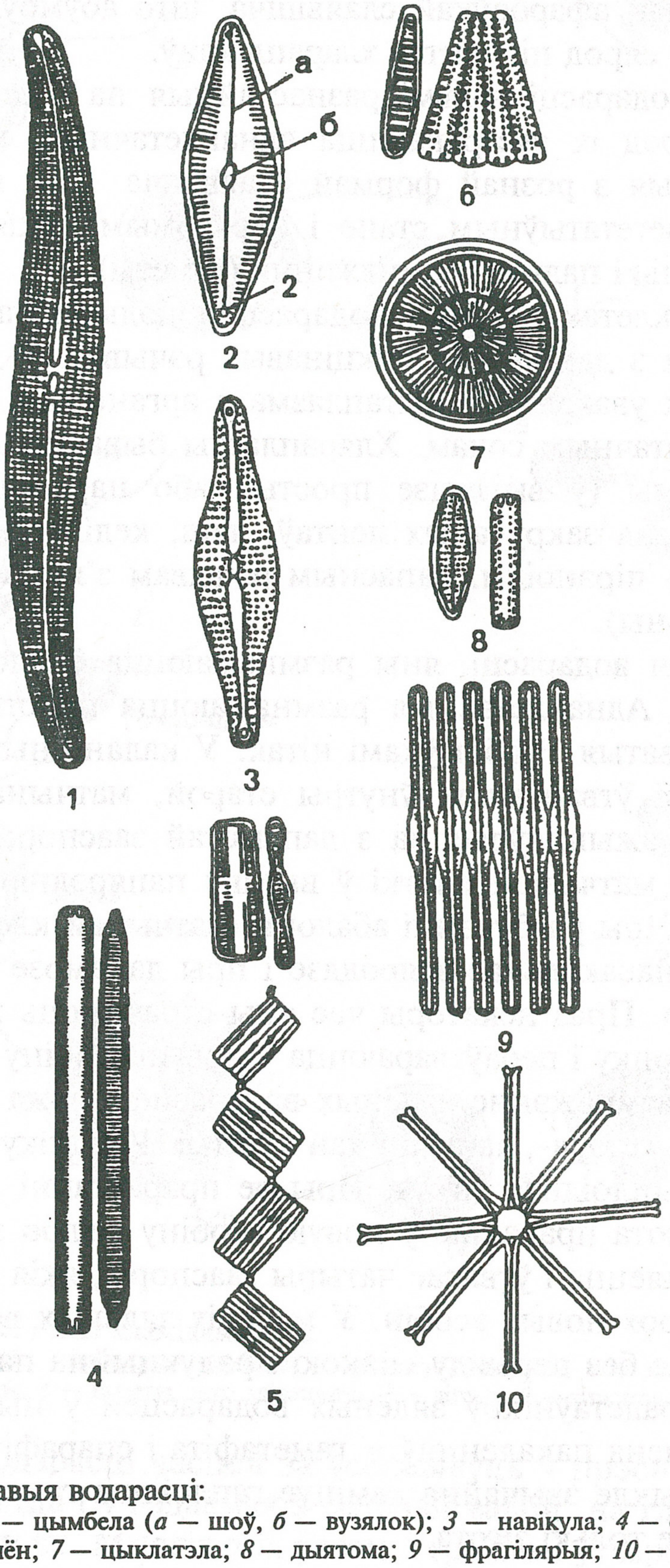
---

[1] Бентас — сукупнасць арганізмаў, якія пражываюць на дне вадаёмаў і адаптаваныя да адпаведнага субстрату. Бентас падзяляюць на раслінны (фітабентас), жывёльны (заабентас) і бактэрыйны (бактэрыябентас).

[2] Планктон — дробныя расліны (фітапланктон) і жывёліны (заапланктон), якія вольна плаваюць у паверхневых пластах акіянаў і азёраў. Планктон мае вельмі вялікае гаспадарчае і экалагічнае значэнне.

вальны і ізаляцыйны матэрыял, а таксама пры фільтраванні некаторых рэчываў.

Па складзе выкапнёвых дыятомавых водарасцей вызначаюць паходжанне і ўзрост розных асадкавых парод (дыятомавы аналіз).



Рыс. 28. Дыятомавыя водарасці:
1 — плеўрасігма; *2* — цымбела (*а* — шоў, *б* — вузялок); *3* — навікула; *4* — сінедра; *5* — табелярыя; *6* — мерыдыён; *7* — цыклатэла; *8* — дыятома; *9* — фрагілярыя; *10* — астэрыянела

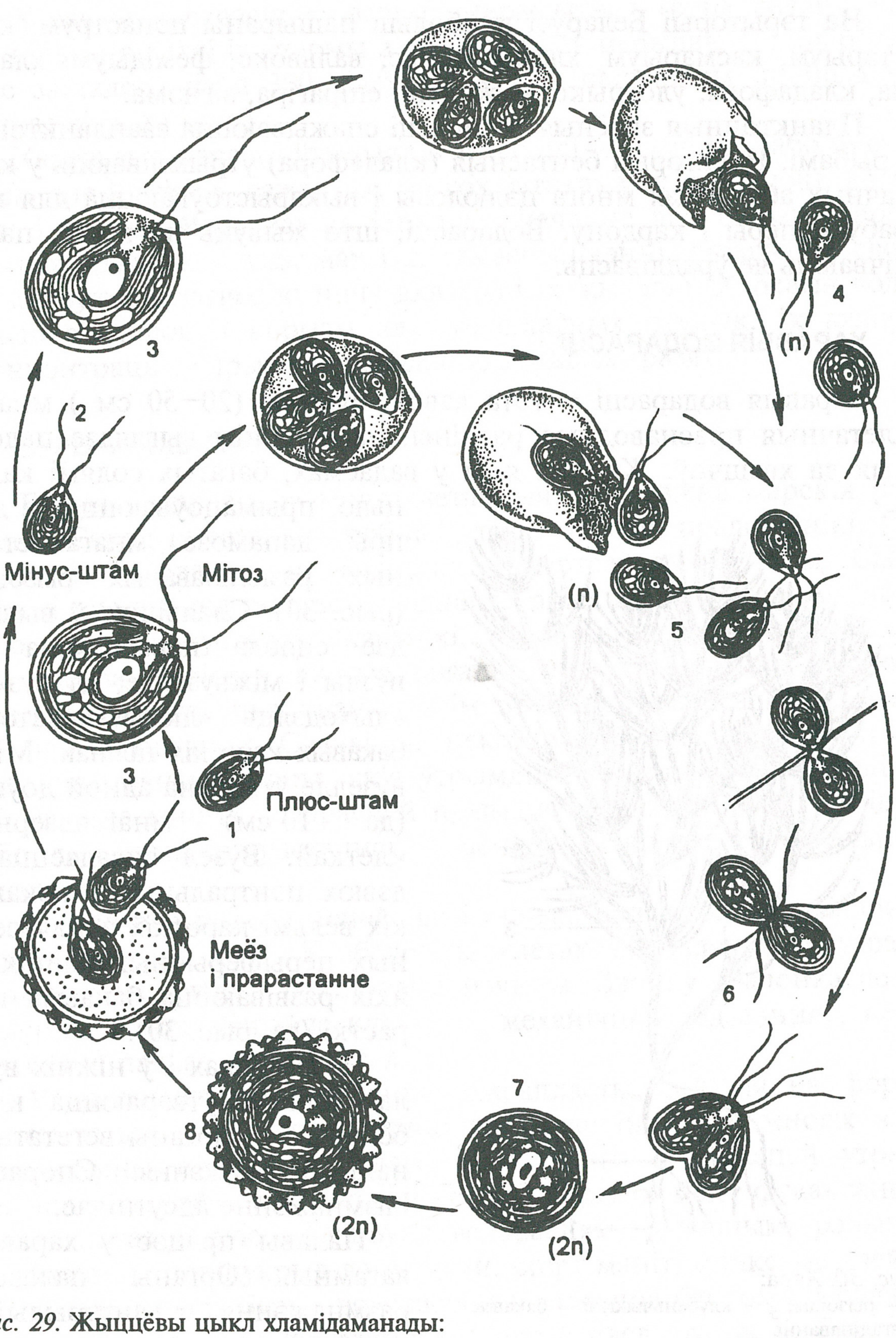
Зялёныя водарасці – самы буйны аддзел водарасцей. Да іх адносіцца прыкладна 20 000 відаў, з якіх 650 сустракаюцца на Беларусі. Ад прадстаўнікоў іншых аддзелаў яны адрозніваюцца выключна зялёнай афарбоўкай слаявішча, што абумоўлена перавагай хларафілу сярод пігментаў хларапластаў.

Зялёныя водарасці вельмі разнастайныя па будове і цыклах развіцця. Сярод іх сустракаюцца аднаклетачныя, каланійныя і мнагаклетачныя з рознай формай слаявішча. Яны могуць быць рухомымі ў вегетатыўным стане і нерухомымі, якія набываюць рухомасць толькі падчас размнажэння (гаметы).

Абалонка клетак зялёных водарасцей цэлюлозная, у некаторых выпадках з дамешкамі пекцінавых рэчываў. У склад пратапласта клетак уваходзяць цытаплазма з арганоідамі і ядро; ёсць вакуоля з клетачным сокам. Хларапласты бываюць самай разнастайнай формы (у выглядзе простых або парассяканых пласцінак, спіральна закручаных лентаў, чаш, келіхаў і г. д.), часта ўтрымліваюць пірэноіды. Запасным рэчывам з'яўляецца крухмал (нерастваральны).

Як і іншыя водарасці, яны размнажаюцца бясполым і палавым шляхам. Аднаклетачныя размнажаюцца простым падзелам клетак, ніткаватыя – абрыўкамі нітак. У каланійных водарасцей новыя калоніі ўтвараюцца ўнутры старой, матчынай. Бясполае размнажэнне ажыццяўляецца з дапамогай зааспор, што ўтвараюцца ўнутры матчынай клеткі ў выніку папярэдняга падзелу яе пратапласта. Пры разбурэнні абалонкі матчынай клеткі зааспоры выходзяць у навакольнае асяроддзе і пры дапамозе жгуцікаў перамяшчаюцца. Праз некаторы час яны страчваюць жгуцікі, фарміруюць абалонку і пераўтвараюцца ў новую асобіну (рыс. 29).

Палавое размнажэнне зялёных водарасцей можа адбывацца ў выглядзе іза-, гетэра-, аагаміі і кан'югацыі. У выніку зліцця гамет утвараецца дыплоідная зігота. Пры яе прарастанні магчымы два варыянты: зігота прарастае ў новую асобіну і ядро зіготы рэдукцыйна падзяляецца і ўтварае чатыры зааспоры, якія даюць пачатак для чатырох новых асобін. У марскіх зялёных водарасцей зігота прарастае без перыяду спакою і рэдукцыйна падзяляецца. У некаторых прадстаўнікоў зялёных водарасцей у цыкле развіцця назіраецца змена пакаленняў – гаметафіта і спарафіта, прычым у жыццёвым цыкле звычайна дамінуе гаплоідны гаметафіт, а дыплоіднай бывае толькі зігота.



Рыс. 29. Жыццёвы цыкл хламідаманады:
1, 2 — заaспоры; *3* — дарослыя асобіны; *4* — мінус-заaспоры, або гаметы; *5* — плюс-заaспоры, або гаметы; *6* — гаметы, што зліваюцца; *7* — зігота; *8* — зігаспора

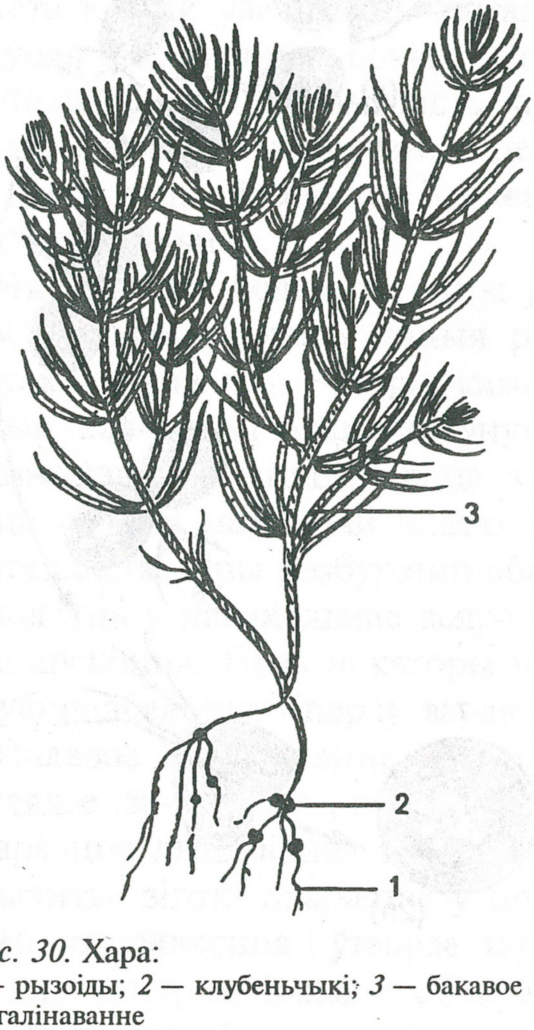
Зялёныя водарасці часцей за ўсё жывуць у прэсных вадаёмах, але сустракаюцца і ў вадаёмах з салёнай вадой, на глебе, на ствалах дрэў, камянях. Многія з іх разам з грыбамі ўтвараюць лішаі.

На тэрыторыі Беларусі найбольш пашыраны цэпаструм, кластэрыум, касмарыум, хламідамонас, вальвокс, фемідыум, хларэла, кладафора, улотрыкс, мужоцыя, спірагіра, зігнэма.

Планктонныя зялёныя водарасці спажываюцца заапланктонам і рыбамі. Некаторыя бентасныя (кладафора) утрымліваюць у клетачных абалонках многа цэлюлозы і выкарыстоўваюцца для вырабу паперы і кардону. Водарасці, што жывуць на глебе, павялічваюць яе ўрадлівасць.

ХАРАВЫЯ ВОДАРАСЦІ

Харавыя водарасці – гэта даволі буйныя (20–50 см) мнагаклетачныя прэснаводныя расліны, па знешнім выглядзе падобныя да хвашчоў. Жывуць яны ў вадаёмах, багатых солямі кальцыю, прымацоўваюцца да дна пры дапамозе мнагаклетачных разгалінаваных рызоідаў (рыс. 30). Слаявішча ў выглядзе сцябла парассякана на вузлы і міжвузелле; ад вузлоў адыходзяць «лісты»-калатоўкі бакавых кароткіх галінак. Міжвузелле ўтворана адной доўгай (да 10 см) мнагаядзернай клеткай. Вузел складаецца з дзвюх цэнтральных і некалькіх вельмі кароткіх аднаядзерных перыферычных клетак, з якіх развіваюцца бакавыя парасткі (гл. рыс. 30).



Рыс. 30. Хара:
1 — рызоіды; *2* — клубеньчыкі; *3* — бакавое разгалінаванне

На рызоідах і ў ніжніх вузлах сцябла ўтвараюцца клубеньчыкі – органы вегетатыўнага размнажэння. Споравае размнажэнне адсутнічае.

Палавы працэс у харавых аагамны. Органы палавога размнажэння – антэрыдыі і архегоніі – мнагаклетачныя, буйныя, утвараюцца на вузлах «лістоў». Пасля апладнення фарміруецца ааспора з тоўстай абалонкай і запасам пажыўных рэчываў. Пасля перыяду спакою ааспора прарастае ў новую асобіну.

Харавыя водарасці – вельмі старажытная група раслін, выкапнёвыя рэшткі іх вядомы з сілурыйскага перыяду. У цяперашні час засталося каля 300 відаў, 15 з якіх пашыраны на Беларусі (хара, нітэла і інш.).

Харавыя водарасці ўтвараюць зараснікі на глеістым або пясчаным дне ў азёрах, сажалках, у ціхіх затоках рэк на глыбіні да 1–5 м і больш. Яны маюць істотнае значэнне ва ўтварэнні арганічнага рэчыва ў вадаёмах і іх самаачышчэнні, ствараюць своеасаблівую экалагічную нішу для водных жывёлін. Харавыя водарасці з'яўляюцца кормам для вадаплаўных птушак. Іх вялікая канцэнтрацыя спрыяе адкладванню лекавых гразяў.

БУРЫЯ ВОДАРАСЦІ

Бурыя водарасці – мнагаклетачныя, пераважна марскія расліны. Сярод іх ёсць як дробныя, так і буйныя прадстаўнікі. Памеры іх складаюць ад некалькіх міліметраў да 20–60 м. Слаявішча мае выгляд галінастых аднаядзерных і мнагаядзерных нітак або нагадвае кусточкі, скарынкі, пласцінкі, стужкі, падзеленыя на сцебла- і лістападобныя органы, якія складаюцца ў многіх відаў з прымітыўных тканак: асіміляцыйнай, запасальнай, механічнай, праваднОй. Слаявішча некаторых буйных прадстаўнікоў мае паветраныя пухіры, якія ўтрымліваюць галінкі вертыкальна. Слаявішча многіх водарасцей прымацоўваецца да дна рызоідамі або дыскавым разрастаннем у аснове слаявішча – базальным дыскам.

Клеткі бурых водарасцей, як і іншых, складаюцца з абалонкі, цытаплазмы і ядра. У абалонцы клетак выдзяляюць унутраны цэлюлозны пласт і пекцінавыя рэчывы. Звонку абалонка аслізняецца, і гэта абараняе клетку ад механічных уздзеянняў, перасыхання падчас адліваў і г. д.

У цытаплазме знаходзяцца хларапласты, розныя па форме: дыскаватыя, у выглядзе стужкі або пласцінкі; для многіх відаў характэрны пірэноіды. Хларапласты гэтых водарасцей утрымліваюць хларафіл *a* і *c*, карацiноіды і буры пігмент фукаксанцін, які і надае бурую афарбоўку водарасцям. Запаснымі рэчывамі з'яўляюцца поліцукрыд ламінарын, спірт маніт, а таксама алей.

Амаль ва ўсіх бурых водарасцей назіраецца бясполае і палавое размнажэнне, якое чаргуецца ў строгай паслядоўнасці. Бясполае размнажэнне можа ажыццяўляцца ўчасткамі слаявішча (у некаторых ёсць спецыялізаваныя галінкі – вывадкавыя пупышкі) або з дапамогай двухжгуцікавых зааспор. Палавы працэс можа адбывацца ў форме ізагаміі, гетэрагаміі і аагаміі.

Рыс. 31. Бурыя водарасці:
1 — саргасум; *2* — ламінарыя пальчатая; *3* — ламінарыя цукровая; *4* — макрацысціс

Аддзел Бурыя водарасці налічвае каля 1500 відаў, найбольш вядомыя з іх фукус, ламінарыя, кутлёрыя і макрацысціс (рыс. 31).

Бурыя водарасці выкарыстоўваюцца як угнаенне, корм для жывёлін, спажываюцца ў ежу (з іх вырабляюць салату, кансервы, першыя і другія стравы). Ламінарыя выкарыстоўваецца для прамысловай перапрацоўкі з мэтай атрымання розных рэчываў. У шэрагу прыморскіх краін ламінарыя культывуецца.

ЧЫРВОНЫЯ ВОДАРАСЦІ

Чырвоныя водарасці (або багранкі, барвовыя водарасці) — мнагаклетачныя, складанапарассечаныя расліны, меншыя за бурыя водарасці. Некаторыя іх віды дасягаюць 2 м. Вядома каля 4000 відаў, пашыраных пераважна ў морах; у прэсных вадаёмах адзначана каля 50 відаў. Асобныя віды могуць сустракацца на сценах аранжарэй, старых будынкаў, на глебе.

Чырвоныя водарасці — прымацаваныя або планктонныя мікра- і макраскапічныя арганізмы. Найбольш прымітыўныя — аднаклетачныя або каланійныя; больш высокаарганізаваныя маюць ніткаватае, плеўкаватае, каркаватае, куставатае, трубкаватае або шчацінкаватае слаявішча. Клеткі адна-, радзей — мнагаядзерныя

з цэлюлоза-пекцінаванай абалонкай, часта інкруставанай вапнай. У клетках утрымліваецца адзін, некалькі або мноства хларапластаў рознай формы, часцей без пірэноідаў, а ў хларапластах – розныя пігменты (хларафіл *a* і *d*, ксантафіл, карацін, фікацыян і фікаэрытрын), якія і надаюць пэўную афарбоўку водарасцям: чырвоную – марскім або зялёна-блакітную, аліўкава-зялёную і шэра-стальную – прэснаводным відам.

На прыкладзе водарасцей вельмі добра прасочваецца прыстасавальны характар пігментнага апарату ў водных раслін. Вядома, што пры праходжанні святла праз таўшчыню вады паглынаюцца прамяні аранжава-чырвонай часткі спектра, і да вялікіх глыбінь даходзяць у асноўным зялёныя, блакітныя і сінія прамяні. Адпаведна ў раслін на мелкаводдзі пераважаюць зялёныя пігменты, у больш глыбакаводных водарасцей (бурыя) да іх далучаюцца бурыя пігменты, а ў самых глыбакаводных чырвоных – чырвоныя (фікаэрытрын і інш.). Акрамя таго, пранікненне чырвоных водарасцей на значныя глыбіні можна растлумачыць іх здольнасцю (дзякуючы чырвоным пігментам) паглынаць нават нязначную колькасць святла.

Запасальным рэчывам чырвоных водарасцей з'яўляецца так званы багранкавы крухмал, радзей – тлушч.

Размнажаюцца чырвоныя водарасці бясполым і палавым шляхам. Вегетатыўнае размнажэнне (падзелам клеткі, часткамі слаявішча або дадатковымі парасткамі) характэрна для больш прымітыўных формаў. Разам з тым у чырвоных водарасцей назіраюцца разнастайныя тыпы споравага і палавога размнажэння. Агульным для ўсіх прадстаўнікоў з'яўляецца адсутнасць жгуцікаў у спор і гамет. Органы палавога размнажэння маюць складаную будову.

Да чырвоных водарасцей належаць анфельцыя, парфіра, батрахаспермум і інш.

Марскія чырвоныя водарасці маюць практычнае значэнне як крыніца агару, ёду, арганічных рэчываў, як кармавыя і харчовыя прадукты; прэснаводныя з'яўляюцца індыкатарамі чысціні вады.

ЛІШАІ

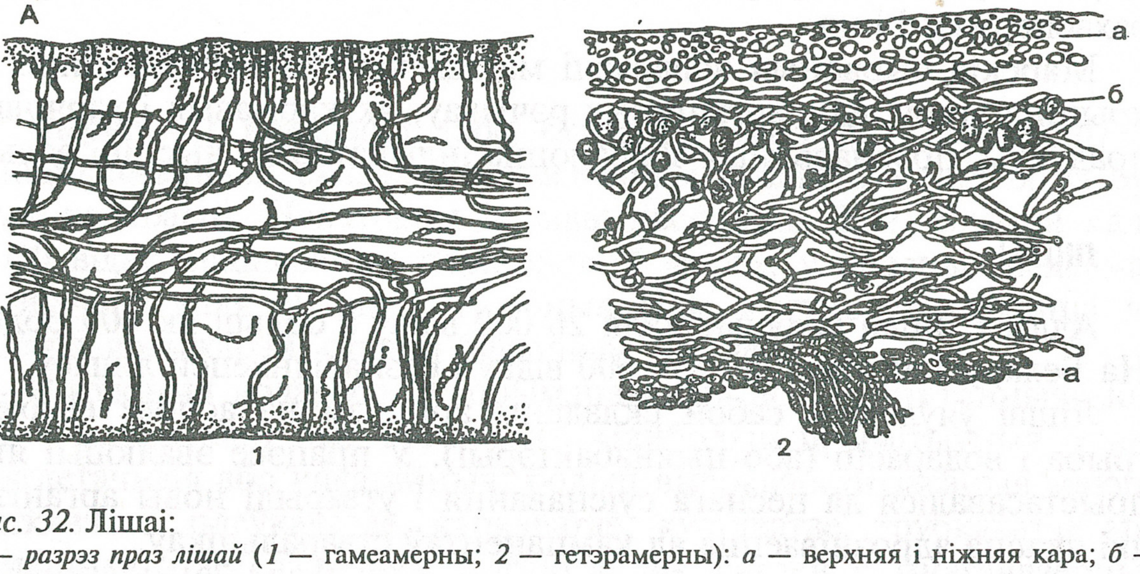
Аддзел Лішаі ўключае каля 26 000 відаў з больш як 400 родаў. На Беларусі адзначана каля 600 відаў і разнавіднасцей лішаёў.

Лішаі ўяўляюць сабой складаны арганізм на аснове сімбіёзу грыба і водарасці (або цыянабактэрыі). У працэсе эвалюцыі яны прыстасаваліся да цеснага суіснавання і ўтварылі новы арганізм, які якасна адрозніваецца ад кампанентаў стваральнікаў.

Грыбы, што ўваходзяць у склад лішаёў, адносяцца да сумчатых, вельмі рэдка — да базідыяльных; водарасці — да зялёных, радзей — жоўта-зялёных і бурых. У складзе лішаёў часцей за ўсё сустракаюцца аднаклетачныя віды і нязначная частка відаў ніткаватых водарасцей.

Арганізмы, якія ўваходзяць у склад лішаёў, цесна спалучаюць сваё развіццё і абмен рэчываў. Водарасці або цыянабактэрыі ўтвараюць арганічныя рэчывы, якія спажывае грыб. Грыб можа фарміраваць гаўсторыі, з дапамогай якіх ён пранікае ў клетку водарасці і паглынае яе змесціва. Шматлікія даследаванні ўзаемаадносін грыбоў і водарасцей у целе лішая сведчаць аб своеасаблівым паразітызме грыба. У той жа час гіфы грыба абараняюць клеткі водарасці ад высушвання і механічных пашкоджванняў, а таксама забяспечваюць іх вадой і мінеральнымі рэчывамі. Пры штучным падзеле гэтага сімбіёзу водарасць здольная існаваць самастойна, у той час як грыб часцей за ўсё гіне.

Цела лішая ўяўляе сабой слаявішча, не дыферэнцыраванае на органы (рыс. 32). Большую частку слаявішча ўтвараюць перапляценні гіфаў грыба. Унутры цела лішая гіфы размеркаваны рыхла, а на паверхні ўтвараюць шчыльны коркавы пласт. Клеткі водарасці раўнамерна размеркаваны сярод гіфаў (гамеамерныя лішаі) або, часцей, утвараюць адасоблены пласт пад верхняй коркай, які называецца ганідыйным (гетэрамерны тып слаявішча). Слаявішчы лішаёў могуць быць трох тыпаў: 1) накіпныя, або скарынкападобныя, у выглядзе скарынкі, якія шчыльна зрастаюцца з субстратам — карою, камянямі; 2) ліставатыя — у выглядзе дыхатамічна надрэзаных лопасцей, слаба прымацаваных да субстрату; 3) куставатыя — у выглядзе разгалінаваных кусточкаў, слаба прымацаваных да субстрату.



Рыс. 32. Лішаі:
А — разрэз праз лішай (*1* — гамеамерны; *2* — гетэрамерны): *а* — верхняя і ніжняя кара; *б* — водарасці;

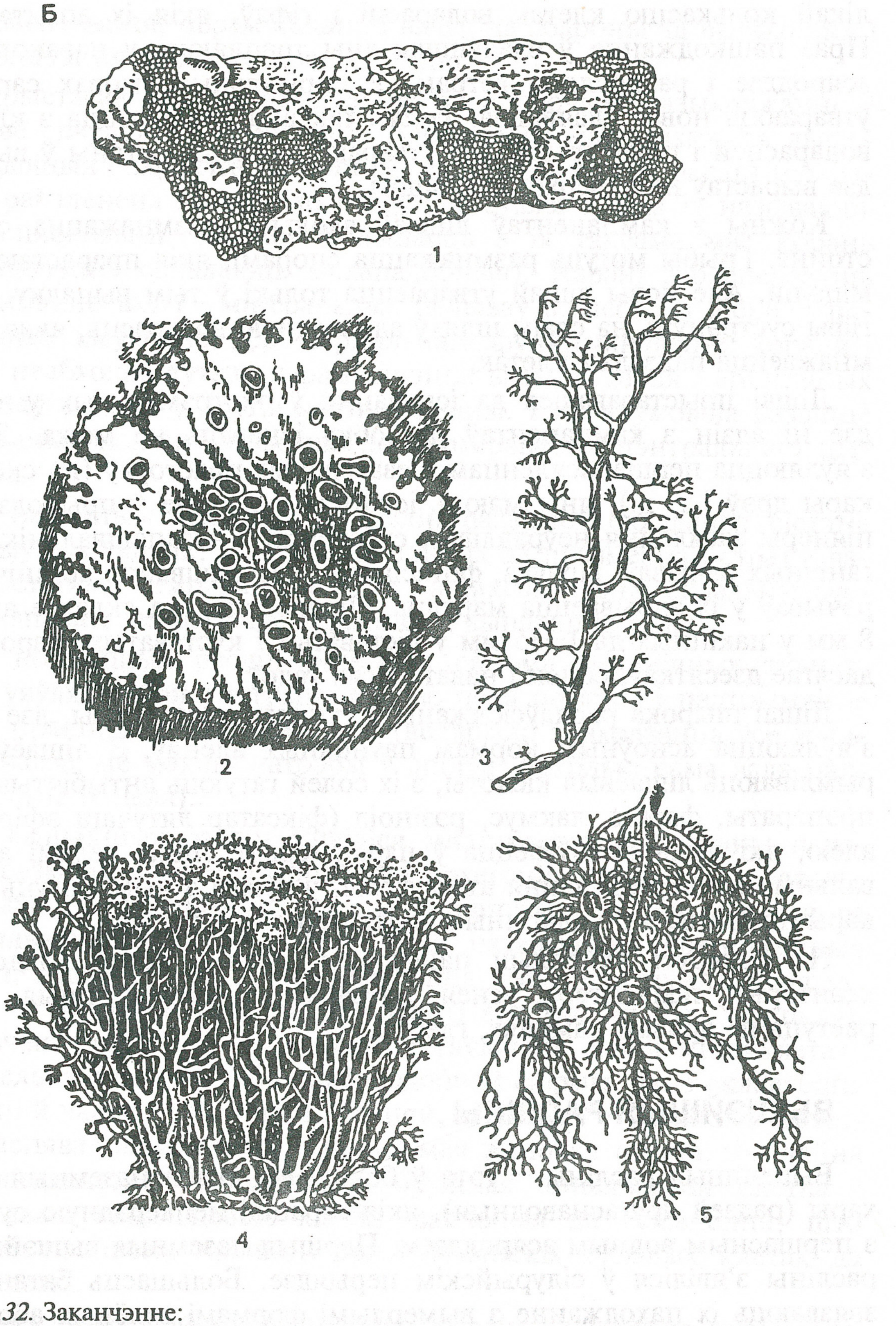


Рис. 32. Заканчэнне:
Б — розныя формы слаявішча: *1* — **накіпнае (леканора);** *2* — **ліставатае (пармелія);** *3—5* — **кусцістае (адпаведна кладонія, алені мох, або ягель, і барадаты лішай)**

Размнажаюцца лішаі пераважна вегетатыўным шляхам: абломкамі слаявішча або спецыяльнымі органамі — сарэдыямі і ізідыямі. *Сарэдыі* ўтвараюцца ўнутры ганідыйнага пласта невя-

лікай колькасцю клетак водарасці і гіфаў, якія іх аплятаюць. Праз пашкоджанне ў слаявішчы яны трапляюць у навакольнае асяроддзе і разносяцца ветрам. У спрыяльных умовах сарэдыі ўтвараюць новае слаявішча. *Ізыдыі* таксама складаюцца з клетак водарасцей і гіфаў грыба, але ўтвараюцца гэтыя органы ў выглядзе вырастаў на паверхні слаявішча.

Кожны з кампанентаў лішаёў здольны размнажацца самастойна. Грыбы могуць размнажацца спорамі, якія прарастаюць у міцэлій. Але новы лішай утвараецца толькі ў тым выпадку, калі гіфы сустрэнуць на сваім шляху адпаведную водарасць, якая размнажаецца падзелам клетак.

Лішаі прыстасаваліся да існавання ў экстрэмальных умовах, дзе ні адзін з кампанентаў паасобку існаваць не можа. Лішаі з'яўляюцца першапасяленцамі незаселеных прастораў (на скалах, кары дрэў і г. д.); яны маюць істотнае значэнне ў прыродзе як піянеры засялення неўрадлівых субстратаў і назапашвальнікі арганічных рэчываў. Праўда, фотасінтэз і назапашванне арганічных рэчываў у іх адбываецца марудна. Прырост за год складае ад 1–8 мм у накіпных да 1–35 мм у ліставатых і куставатых. Узрост іх дасягае дзесяткаў, соцен і нават тысяч гадоў.

Лішаі шырока распаўсюджаны ў тундры, лесатундры, дзе яны з'яўляюцца асноўным кормам паўночных аленяў. З лішаёў атрымліваюць лішаёвыя кіслоты, з іх солей гатуюць антыбіятычныя прэпараты, фарбы, лакмус, рэзіноід (фіксатар лятучага эфірнага алею, які выкарыстоўваецца ў парфумерыі). Лішаі вельмі адчувальныя да забруджвання атмасферы, у сувязі з чым могуць выкарыстоўвацца як біялагічныя індыкатары яе якасцей.

На Беларусі найбольш пашыраны лішаі з родаў кладонія, ксанторыя, пельтыгера, уснея, цэтрарыя, эвернія і іншыя, якія растуць на дрэвах, камянях, глебе.

ВЫШЭЙШЫЯ РАСЛІНЫ

Вышэйшыя расліны – гэта ў большасці сваёй наземныя жыхары (радзей другаснаводныя), якія страцілі непасрэдную сувязь з першасным водным асяроддзем. Першыя наземныя вышэйшыя расліны з'явіліся ў сілурыйскім перыядзе. Большасць батанікаў звязваюць іх паходжанне з вымерлымі формамі зялёных або харавых водарасцей. Пераход да наземнага існавання, да жыцця адначасова ў двух розных асяроддзях (паветраным і глебе), дзе іх развіццё адбываецца пры перыядычным, а не пастаянным увільгатненні, часта ва ўмовах падоўжанага сухога перыяду, суправаджаўся ўзнікненнем шэрага спецыфічных прыстасаванняў да во-

дазабеспячэння, перамяшчэння вады, да абароны ад высыхання і забеспячэння палавога працэсу і інш.

Прыстасаванні выражаліся ва ўзрастаючым разыходжанні ў будове спарафіта і гаметафіта. Адбывалася марфалагічная дыферэнцыяцыя спарафіта на органы. Цела вышэйшых раслін (спарафіт) расчленена на сцябло і лісце, у сувязі з чым іх называюць лістасцябловымі. Вялікая большасць з іх таксама мае корань (выключэнне складаюць мохападобныя). Карані забяспечваюць паглынанне вады і мінеральных рэчываў з глебы, а лісце — паветранае жыўленне. Для нармальнага функцыянавання кораня і ліста неабходна хуткае перамяшчэнне вады да лісця і арганічных рэчываў з лісця ў другія часткі расліны. Гэта абумовіла развіццё правадных тканак і прывяло да фарміравання цэнтральнага цыліндра.

У наземным асяроддзі ў раслін развілася складаная сістэма покрыўных тканак, якія абараняюць іх ад празмернай страты вады, хістанняў тэмпературы і г. д., а таксама ўзнік складаны вусцевы апарат, які рэгулюе газаабмен і выпарэнне вады.

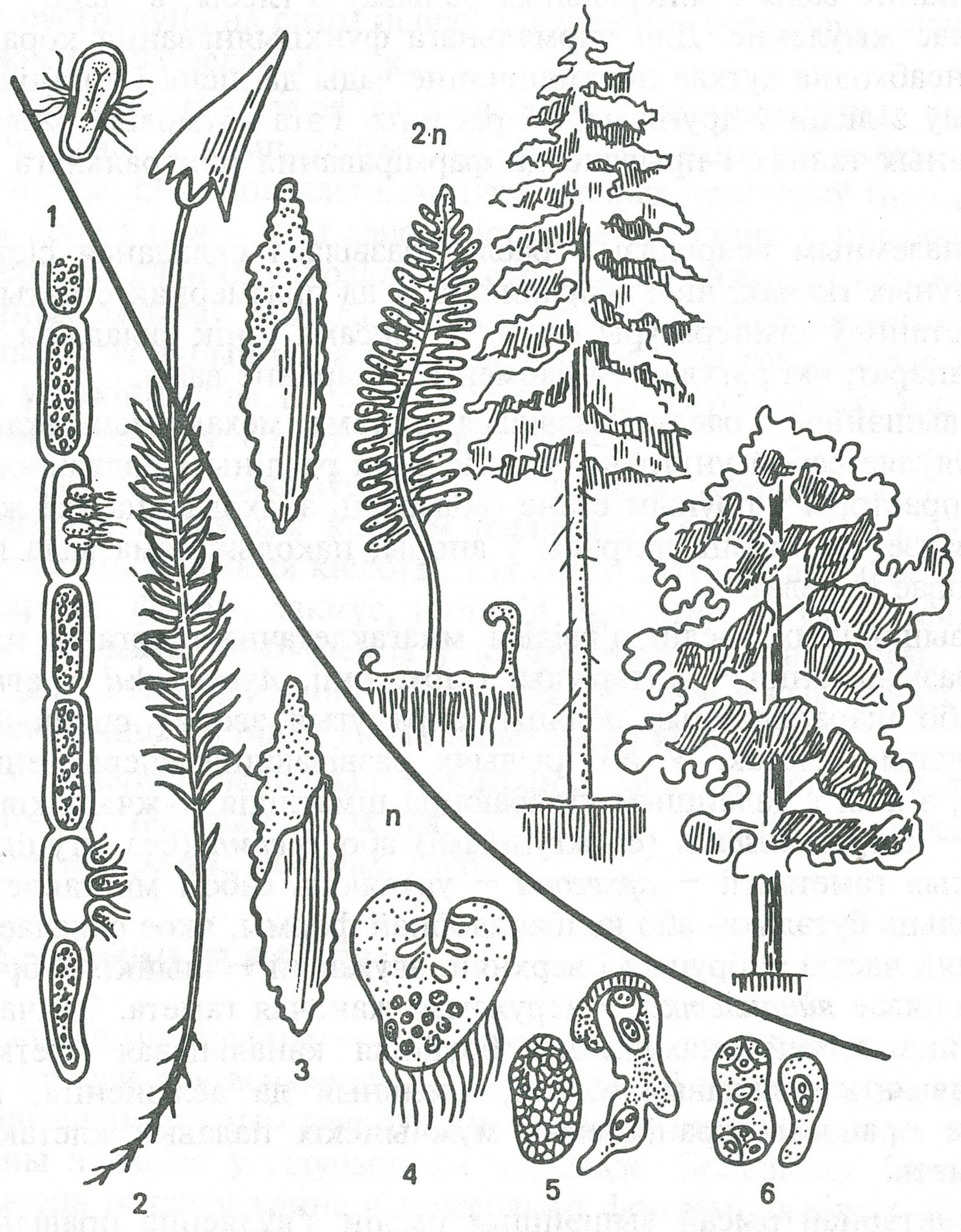
У вышэйшых раслін развілася сістэма механічных тканак, якая ўяўляе сабой унутраны каркас цела расліны і падтрымлівае яго ў прасторы ў пэўным стане (водарасці знаходзяцца ўсё жыццё ў вадзе, не маюць патрэбы ў апоры, паколькі сама вада падтрымлівае іх цела).

У вышэйшых раслін з'явіліся мнагаклетачныя органы палавога размнажэння — антэрыдыі і архегоніі. *Антэрыдыі* — авальныя або шарападобныя цельцы, апранутыя звонку сценкай са стэрыльных клетак. У антэрыдыях развіваюцца спермагенныя клеткі, з якіх у далейшым утвараюцца шматлікія мужчынскія гаметы — *сперматазоіды* (са жгуцікамі) або *спермії* (без жгуцікаў). Жаночыя гаметангії — *архегонії* — уяўляюць сабой мнагаклетачнае цельца бутэлька- або колбападобнай формы, якое складаецца з ніжняй часткі — брушка і верхняй, звужанай — шыйкі. У брушцы паспявае *яйцаклетка* — нерухомая жаночая гамета. Звычайна над яйцаклеткай знаходзяцца брушная канальцавая клетка і шыйкавыя канальцавыя клеткі, здольныя да аслізнення, што спрыяе працэсам пранікнення мужчынскіх палавых клетак да яйцаклеткі.

Характэрнай рысай вышэйшых раслін з'яўляецца правільнае чаргаванне пакаленняў у жыццёвым цыкле — палавога і бясполага, якое ўстанавілася ў водарасцей. Расліна тут прадстаўлена дзвюма фазамі развіцця, якія паслядоўна змяняюць адна другую. *Гаметафіт* — палавое пакаленне, на якім утвараюцца палавыя органы — антэрыдыі і архегоніі, змяняецца бясполым пакален-

нем – *спарафітам,* на якім утвараюцца органы бясполага размнажэння – спарангіі. У спарангіях фарміруюцца споры.

Спарангій апрануты абалонкай з аднаго або некалькіх пластоў клетак. Унутры спарангія ўзнікае мнагаклетачная спарагенная тканка – *археспорый.* Пры падзеле археспарыяльных клетак утвараюцца матчыны клеткі спор. Апошнія рэдукцыйна дзеляцца, у выніку кожная матчына клетка ўтварае чатыры гаплоідныя (*n*) клеткі – тэтраду мікраспор.



Рыс. 33. Змяненне раслін у працэсе эвалюцыі:
2n — павелічэнне памераў і значэнне бясполага пакалення; *n* — рэдукцыя памераў палавога пакалення; *1* — мнагаклетачныя водарасці; *2* — імхі; *3* — аднаклетачныя водарасці; *4* — папараці; *5* — голанасенныя расліны; *6* — пакрытанасенныя расліны

Спарафіт заўсёды дыплоідны (2 *n*), таму што ён утвараецца з зіготы пасля апладнення, а гаметафіт – гаплоідны, усе клеткі якога ўтрымліваюць адзінарны набор храмасом.

У многіх вышэйшых раслін утвараюцца аднолькавыя споры, якія даюць пачатак двухполаму гаплоіднаму гаметафіту. Але ў большасці вышэйшых раслін сустракаюцца спарангіі і споры двух тыпаў: мікраспарангіі з мікраспорамі і макраспарангіі з макраспорамі. З кожнай мікраспоры развіваецца мужчынскі гаметафіт, а з макраспоры – жаночы. Таму мікраспоры называюцца яшчэ мужчынскімі спорамі, а макраспоры – жаночымі. Поўны жыццёвы цыкл вышэйшай расліны (ад зіготы да зіготы) складаецца з гаметафіта (перыяд ад споры да зіготы) і спарафіта (перыяд ад зіготы да ўтварэння спор).

Эвалюцыя жыццёвага цыкла вышэйшых раслін ішла ў двух процілеглых накірунках. У мохападобных эвалюцыя ішла ў накірунку ўзрастання самастойнасці гаметафіта, яго марфалагічнага расчлянення і страты самастойнасці спарафіта і яго спрашчэння; спарафіт зведзены да своеасаблівага органа – *спарагона*.

Ва ўсіх іншых вышэйшых раслін самастойнай і нават дамінуючай фазай жыццёвага цыкла стаў спарафіт, а гаметафіт на працягу эвалюцыі памяншаўся і спрашчаўся. У дзераза-, хвошча- і папарацепадобных гэтыя фазы ўяўляюць сабой асобныя фізіялагічна самастойныя арганізмы; у насенных раслін гаметафіт страціў самастойнасць і развіваецца на спарафіце (рыс. 33). Яны лепш за ўсіх раслін прыстасаваліся да наземнага існавання. У моха-, дзераза-, хвошча- і папарацепадобных палавы працэс залежыць ад прысутнасці вады, паколькі сперматазоіды могуць рухацца толькі ў вадзе; у насенных раслін палавы працэс не звязаны з прысутнасцю вады і не залежыць ад яе.

Такім чынам, эвалюцыя вышэйшых раслін, за выключэннем мохападобных, ішла ў накірунку рэдукцыі гаметафіта і ўдасканалення спарафіта.

РАСЛІННЫЯ ТКАНКІ

Пераход раслін ад параўнальна аднастайных умоў жыцця ў водным асяроддзі да наземных суправаджаўся інтэнсіўным працэсам расчлянення аднароднага вегетатыўнага цела на органы – сцябло, лісце і корань. Гэтыя органы складаюцца з разнастайных па структуры клетак, што размяшчаюцца не хаатычна, а складаюць групы, якія лёгка распазнаюцца.

Тканкамі называюць групы агульных па паходжанні і структуры клетак, якія выконваюць аднолькавыя функцыі. Часта не-

калькі тканак аднолькавага паходжання ўтвараюць комплекс, які функцыянуе як адзінае цэлае. Тканкі, што складаюцца з аднаго тыпу клетак, атрымалі назву простых, а тыя, што складаюцца з розных тыпаў клетак, — складаных або комплексных.

Тканкі ёсць ва ўсіх вышэйшых раслін. Выключэнне складаюць некаторыя мохападобныя.

Вызначаюць некалькі відаў тканак: мерыстэматычныя, або ўтваральныя, покрыўныя, механічныя, правадныя, асноўныя і выдзяляльныя. Усе тканкі, за выключэннем утваральных, адносяцца да пастаянных.

Да падзелу здольныя толькі клеткі мерыстэматычных тканак. Клеткі іншых тканак, як правіла, да падзелу няздольныя, і іх колькасць павялічваецца дзякуючы дзейнасці адпаведных утваральных тканак. Пастаянныя тканкі ўзнікаюць у выніку клетачнай дыферэнцыроўкі, г. зн. змянення будовы і функцыянавання клетак у ходзе індывідуальнага развіцця арганізма.

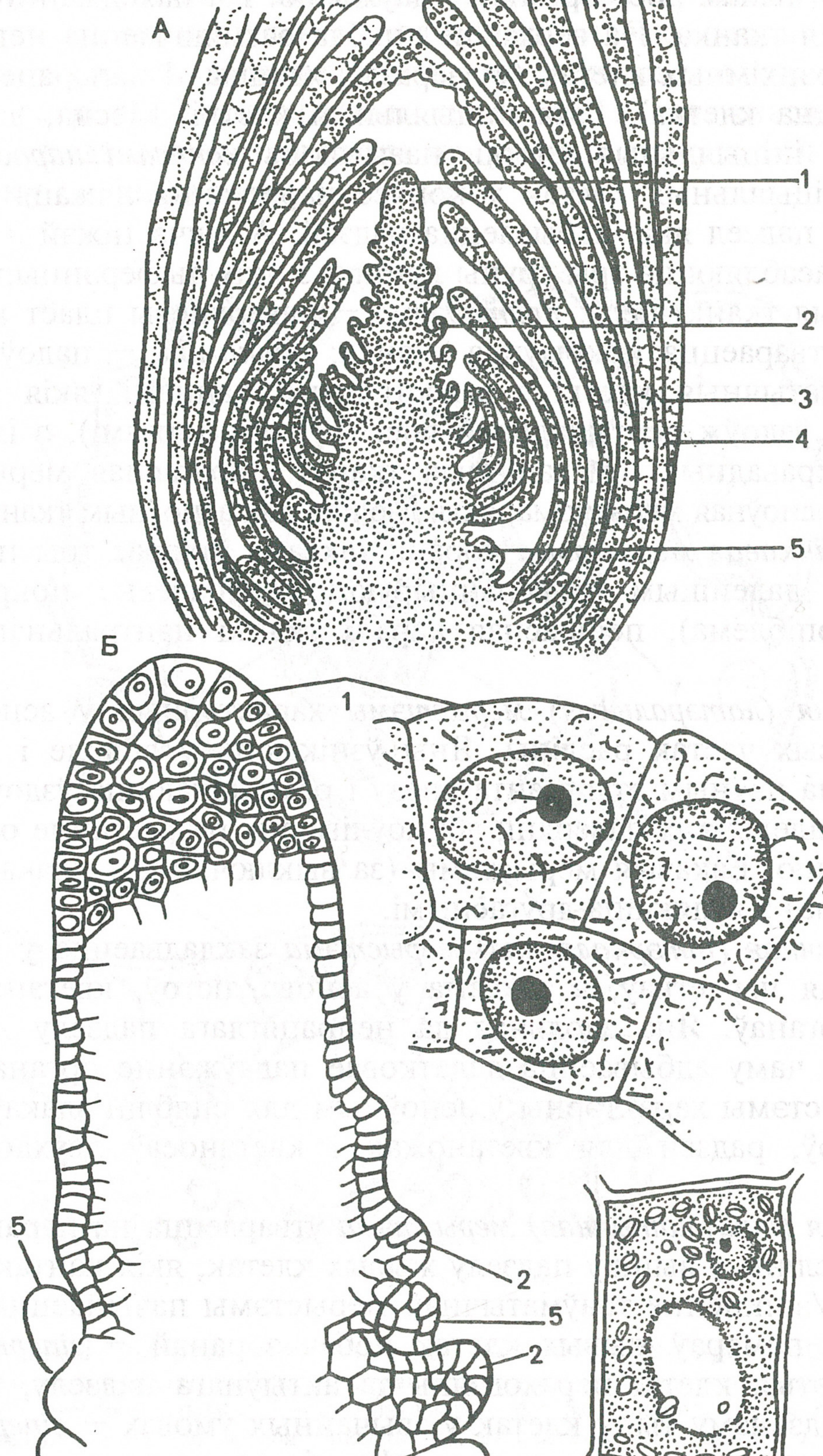
Мерыстэматычныя тканкі забяспечваюць рост расліны ў даўжыню і таўшчыню. Тэрмін «мерыстэма» паходзіць ад грэчаскага meristos, што азначае «які дзеліцца». Такім чынам, галоўнай функцыяй мерыстэматычных тканак з'яўляецца актыўны падзел клетак. Большая частка падзяліўшыхся клетак ідзе на пабудову пастаянных тканак, якімі складзена цела расліны. Частка клетак застаецца ўвесь час у мерыстэматычным стане; такія клеткі атрымалі назву ***ініцыяльных***. Яны дробныя, парэнхімныя, мнагагранныя, шчыльна прылягаюць адна да адной, без міжклетачнай прасторы.

Клеткі запоўнены густой цытаплазмай, у цэнтры якой размяшчаецца буйное ядро, пакрыты тонкай першаснай абалонкай; вакуолі звычайна адсутнічаюць або вельмі дробныя.

Па паходжанні адрозніваюць першасныя і другасныя мерыстэматычныя тканкі. Першасныя фарміруюцца ў працэсе развіцця зародка з зіготы і лакалізуюцца ў далейшым на кончыку кораня і на верхавіне сцябла (у конусах нарастання). Другасныя мерыстэматычныя тканкі фарміруюцца пазней з першасных або з другіх тыпаў тканак (напрыклад, з асноўнай парэнхімы). З першаснай мерыстэмы ўтвараюцца першасныя пастаянныя тканкі, з другаснай — другасныя.

Па месцы знаходжання на расліне адрозніваюць некалькі груп утваральнай тканкі: верхавінкавыя, або апікальныя; бакавыя, або латэральныя (пракамбій, камбій і фелаген — коркавы камбій); уставачныя, або інтэркалярныя, і ранавыя, або траўматычныя.

Верхавінкавая (апікальная) мерыстэма знаходзіцца на верхавіне галоўных і бакавых восей сцябла і кораня (рыс. 34). Яна вызначае



Рыс. 34. Верхавінкавая пупышка парастка эладэі канадскай:
А — падоўжны разрэз; *Б* — конус нарастання; *1* — клеткі конуса нарастання; *2* — зачаткі лісця; *3* — сфарміраванае лісце; *4* — клеткі дарослага ліста; *5* — зачаткі бакавых пупышак

галоўным чынам рост органаў у даўжыню. Па паходжанні — гэта першасная тканка. На верхавіне сцябла размяшчаецца невялікая група парэнхімных клетак (у дзераза-, хвошча- і папарацепадобных — адна клетка). Гэта ініцыяльныя клеткі. Месца, дзе размешчаны ініцыяльныя клеткі, называюць *конусамі нарастання.* Ніжэй ініцыяльных клетак у конусе нарастання ляжаць іх вытворныя, падзел якіх адбываецца радзей. А яшчэ ніжэй з мерыстэмы адасабляюцца тры групы клетак, з якіх дыферэнцыруюцца першасныя тканкі цела: *пратадэрма* — паверхневы пласт клетак, з якога ўтвараецца покрыўная тканка; *пракамбій* — падоўжаныя мерыстэматычныя клеткі з завостранымі канцамі, якія размяшчаюцца ўздоўж вертыкальнай восі групамі (цяжамі), з іх утвараюцца правадныя і механічныя тканкі і другасная мерыстэма (камбій); асноўная мерыстэма, якая дае пачатак асноўным тканкам.

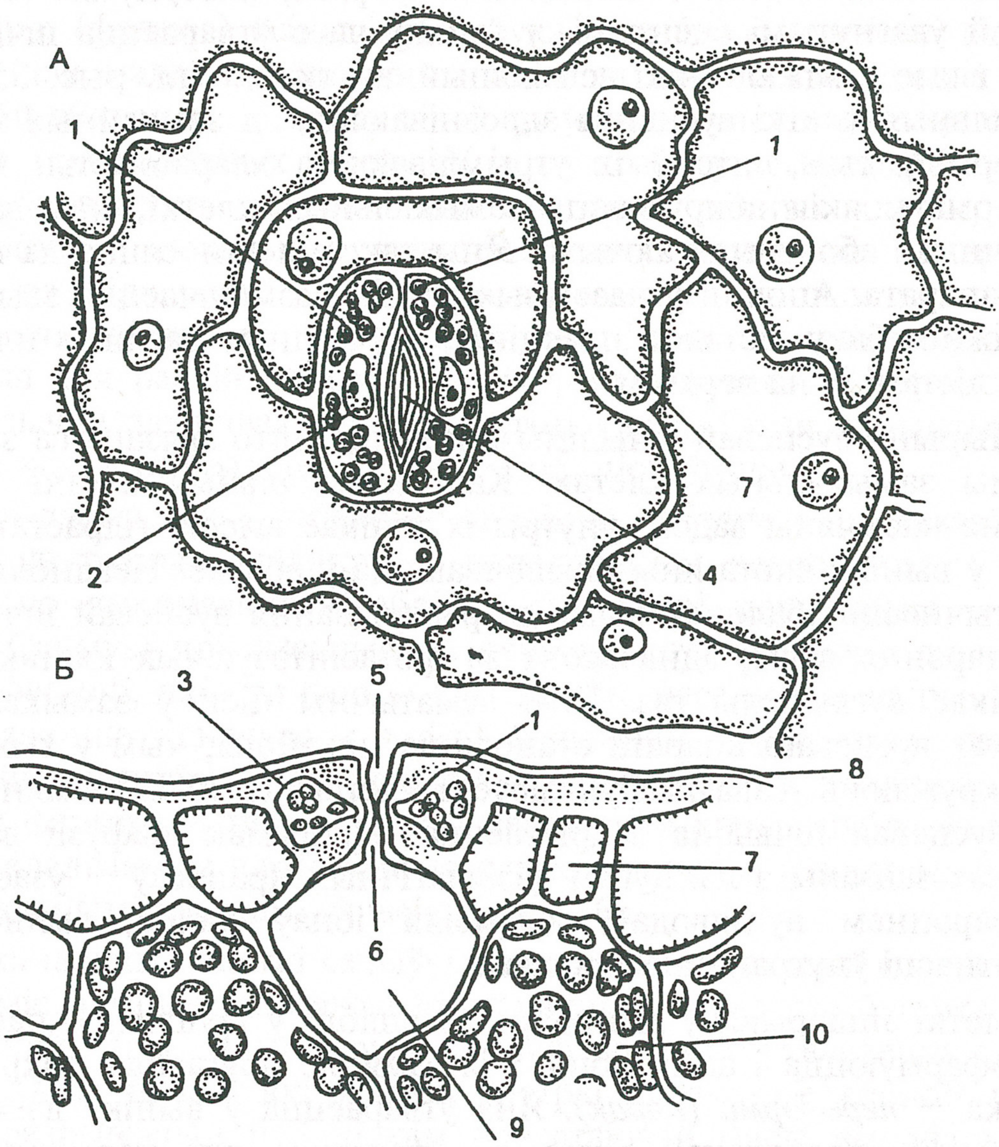
Верхавінкавая мерыстэма кораня таксама ўтварае тры пласты, з якіх у далейшым дыферэнцыруюцца адпаведна покрыўная тканка (эпіблема), першасная кара і тканкі цэнтральнага цыліндра.

Бакавыя (латэральныя) мерыстэмы характэрныя ў асноўным для восевых частак расліны. Яны ўзнікаюць у сцябле і карані расліны на пэўным этапе антагенезу і размяшчаюцца ўздоўж органаў паралельна іх паверхні; абумоўліваюць разрастанне органаў у таўшчыню. Бакавыя мерыстэмы (за выключэннем пракамбію і перыцыкла) з'яўляюцца другаснымі.

Уставачная (інтэркалярная) мерыстэма закладваецца ў аснове міжвузелля парасткаў, а таксама ў аснове лістоў, кветаножак і іншых органаў. Яна здольная да непрацяглага падзелу клетак, дзякуючы чаму адбываецца дадатковае падаўжэнне органа. Такі тып мерыстэмы характэрны ў асноўным для сцяблін злакаў і похвы лістоў, радзей для кветаножак і кветаносаў двухдольных раслін.

Ранавая (траўматычная) мерыстэма ўтвараецца на параненым месцы расліны ў выніку падзелу жывых клетак, якія кантактуюць з ранай. Узнікненне траўматычнай мерыстэмы пачынаецца з павелічэння памераў жывых клетак побач з ранай — *гіпертрафіі.* Пазней гэтыя клеткі пераходзяць да актыўнага падзелу, неўласцівага дадзенаму тыпу клетак у звычайных умовах — *гіперплазіі.* Разрастанне клетак прыводзіць да фарміравання аднароднай масы клетак — *калюса,* які закрывае параненае месца. Калюс узнікае, напрыклад, на канцах чаранкоў пры іх укараненні. З клетак калюса ў далейшым фарміруюцца пастаянныя тканкі. Такім чынам, калюсаўтварэнне на паверхні чаранкоў можа суправаджацца ўзнікненнем каранёў і парасткаў.

Покрыўныя тканкі засцерагаюць расліны ад высыхання і абараняюць ад неспрыяльных уздзеянняў навакольнага асяроддзя. Акрамя таго, яны забяспечваюць і часткова рэгулююць газаабмен паміж раслінай і атмасферным паветрам. У залежнасці ад паходжання выдзяляюць тры тыпы покрыўных тканак: эпідэрміс, перыдэрму (корак) і корку (рытыдом).



Рыс. 35. Ніжні эпідэрміс ліста чабору (*А*) і папярочны зрэз праз вусцейка (*Б*): *1* — замыкальныя клеткі вусцейка з хларапластамі і ядрамі (*2*); *3* — поласць замыкальных клетак; *4* — вусцевая шчыліна; *5* — пярэдні дворык; *6* — задні дворык; *7* — клеткі эпідэрмісу; *8* — кутыкула; *9* — паветраная поласць пад вусцейкамі; *10* — клеткі хларэнхімы пад эпідэрмісам

Эпідэрміс — першасная покрыўная тканка лістоў, маладых сцяблін, кветак, пладоў. Гэтая тканка часцей за ўсё складаецца з аднаго пласта жывых, шчыльна самкнутых клетак, сценкі якіх звычайна звілістыя, дзякуючы чаму яны трывала злучаюцца паміж сабой (рыс. 35). Прычым вонкавыя сценкі, што мяжуюць з

навакольным асяроддзем, больш тоўстыя і пакрытыя пластом кутыкулы, а таксама валаскамі, лускавінкамі і іншымі вырастамі, якія адыгрываюць пэўную ролю ў абароне ад знешніх уздзеянняў.

Функцыю газаабмену і транспірацыі (фізіялагічны працэс выпарэння вады раслінай) выконваюць *вусцевыя апараты,* якія размяшчаюцца ў эпідэрмісе. Яны складаюцца з дзвюх так званых замыкальных клетак бобападобнай формы, павернутых адна да другой увагнутымі сценкамі, у выніку чаго ўтвараецца шчыліна, якая вядзе ў міжклетнікі асіміляцыйнай тканкі (гл. рыс. 35). Замыкальныя клеткі вусцейка адрозніваюцца ад звычайных клетак эпідэрмісу тым, што ў іх утрымліваюцца хларапласты. Клеткі эпідэрмісу, якія абкружаюць замыкальныя клеткі, называюцца пабочнымі або прылягаючымі. Яны таксама адносяцца да вусцевага апарата. Апошні ў наземных раслін размяшчаецца звычайна на ніжнім баку ліставой пласцінкі, а ў водных раслін з плаваючымі лістамі — на верхнім.

Шырыня вусцевай шчыліны мяняецца, што звязана са зменай формы замыкальных клетак. Калі замыкальныя клеткі максімальна насычаны вадой, унутры іх узнікае высокі гідрастатычны ціск, у выніку якога яны павялічваюцца ў аб'ёме. Неаднолькавая эластычнасць абалонак вядзе да раскрывання вусцевай шчыліны і выпарэння вады; адначасова да фотасінтэзуючых клетак ліста пранікае вуглякіслы газ. Калі асматычны ціск у замыкальных клетках вусцевага апарата становіцца ніжэйшы, чым у тых, што іх абкружаюць, вада дыфундзіруе з клетак, іх аб'ём памяншаецца, вусцевая шчыліна закрываецца. Напрамак дыфузіі вады ў клетках звязаны з ланцугом фізіялагічных працэсаў — узаемапераўтварэннем вугляводаў, дыфузіяй іонаў калію, змяненнем кіслотнасці ўнутранага асяроддзя.

Клеткі эпідэрмісу ў выніку росту сцябла ў таўшчыню паступова дэфармуюцца і адміраюць, і іх замяняе другасная покрыўная тканка — *перыдэрма (корак)*. Яна ўтвараецца ў выніку дзейнасці другаснай утваральнай тканкі — *фелагену,* які фарміруецца з эпідэрмальных, субэпідэрмальных тканак або з клетак, што залягаюць глыбей. Клеткі фелагену дзеляцца паралельна паверхні сцябла і ў цэнтрабежным накірунку пераўтвараюцца ў *корак (фелему)*, а ў цэнтраімклівым — у новую парэнхімную тканку — *феладэрму*. Комплекс, складзены з клетак фелемы, фелагену і феладэрмы, і ўяўляе сабой перыдэрму. У клетках фелемы яшчэ да заканчэння іх росту сінтэзуецца суберын, які ўваходзіць у склад клетачнай абалонкі; змяненне яе хімічнага складу прыводзіць да парушэння абменных рэакцый паміж клеткамі і ў канчатковым выніку — да іх адмірання. Адначасова ў абалонках на-

запашваюцца спецыфічныя для кожнага віду раслін рэчывы, якія надаюць гэтаму пласту клетак своеасаблівую афарбоўку і перашкаджаюць газаабмену паміж унутранымі тканкамі і навакольным асяроддзем (напрыклад, бетулін афарбоўвае фелему бярозы ў белы колер). Такім чынам, абаронную функцыю выконвае толькі фелема. Яна складзена правільнымі радыяльнымі радамі шчыльна самкнутых мёртвых клетак з акаркавеўшымі сценкамі.

Корак (фелема) асіны, дуба, бука складзены клеткамі аднаго тыпу, якія мала адрозніваюцца адна ад другой памерамі і таўшчынёй абалонак. У другіх відаў драўняных раслін фелема складаецца з разнародных клетак. У іх на працягу вегетацыйнага перыяду ўтвараецца некалькі пластоў танкасценных клетак, якія чаргуюцца з некалькімі пластамі клетак меншага памеру, з вельмі патоўшчанымі клетачнымі абалонкамі і іншым тыпам абмена рэчываў падчас іх фарміравання. Такая слаістасць фелемы тыповая для раслін бярозы, у якіх тонкія кавалачкі перыдэрмы перыядычна злушчваюцца з паверхні кары. Такая перыядычная будова корку назіраецца ў сасны, елкі, лістоўніцы.

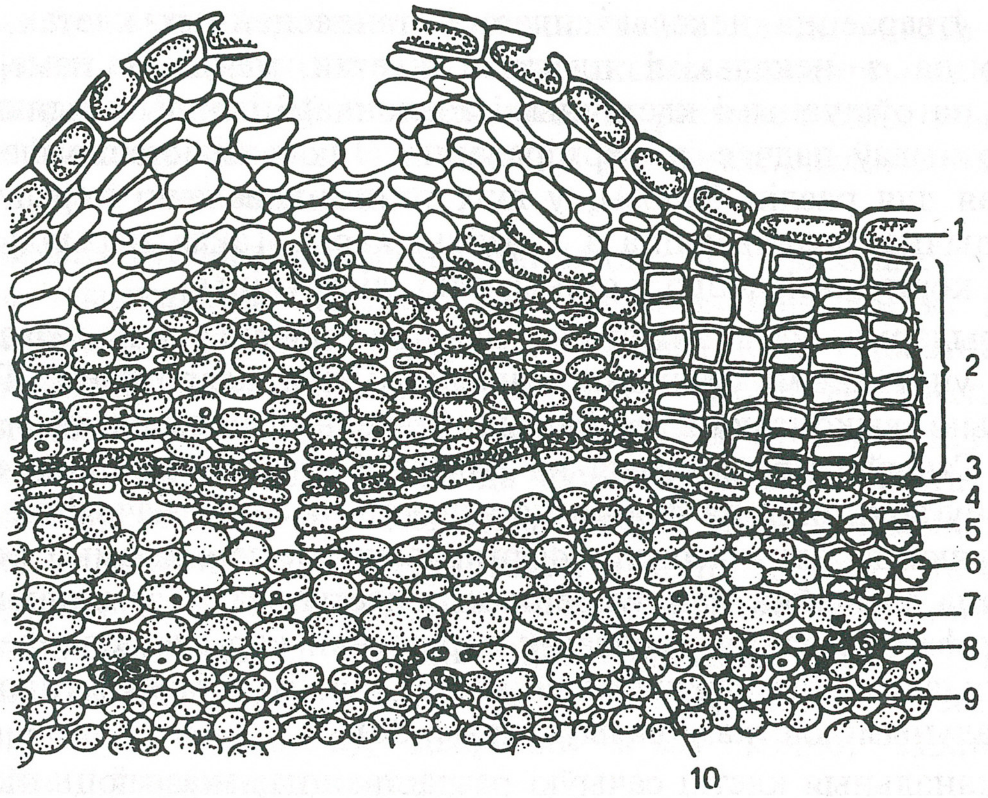
Перыдэрма, як і эпідэрміс, павінна забяспечваць газаабмен паміж унутранымі тканкамі і навакольным асяроддзем. Гэтую функцыю выконваюць асаблівыя ўтварэнні перыдэрмы — *сачыўкі.* Сачыўкі прыкметныя на паверхні ствала і галін як невялічкія бугаркі, якія па форме нагадваюць насенне сачавіцы. Яны адасабляюцца адначасова з фарміраваннем перыдэрмы, размяшчаюцца звычайна пад вусцейкамі і паступова іх замяняюць. У месцах фарміравання сачывак у першаснай кары сцябла фелагенам адкладваюцца парэнхімныя клеткі з вялікімі міжклетнікамі — выканальнымі клеткамі сачыўкі (рыс. 36).

Выканальныя клеткі сачыўкі разрастаюцца, аказваюць ціск на эпідэрміс, разрываюць яго і выступаюць у выглядзе бугарка над паверхняй кары. На паверхні сачыўкі восенню ўтвараецца тонкі замыкальны пласт, які ізалюе ўнутраныя тканкі; вясной гэты пласт разрываецца пад ціскам нарастаючай масы выканальных клетак сачыўкі.

У некаторых відаў драўняных раслін коркавы камбій, што ўзнік адзін раз, працягвае сваё функцыянаванне доўгі час і забяспечвае на перыферыі ствала раўнамернае нарастанне коркавага пласта. Так фарміруецца гладкая кара бярозы, асіны, бука, піхты. У другіх відаў раслін коркавы камбій закладваецца кароткімі ўчасткамі (дугамі), якія не змыкаюцца па акружнасці.

Падзел клетак у гэтых участках фелагену працягваецца нядоўга, пасля чаго іх актыўнасць спыняецца. Праз некаторы час фелаген узнікае ў больш глыбокіх частках сцябла або кораня —

адпаведна ў першаснай кары, або лубе. Гэтыя пласты коркавага камбію зноў фарміруюць да перыферыі корак (фелему), а да цэнтра – феладэрму. У выніку шматразовага закладвання і функцыянавання фелагену ў складзе перыдэрмы аказваюцца не толькі тыповыя для яе фелема і феладэрма, але і клеткі першаснай кары і лубу. Увесь гэты комплекс пазначаецца як *корка*, або *рытыдом*. Маса адмерлых клетак звонку коркі паступова рассоўваецца пад націскам нарастаючых з глыбіні тканак, і ў ёй утвараюцца трэшчыны. Перыферыйныя ўчасткі коркі разбураюцца і паступова злушчваюцца.



Рыс. 36. Будова сачыўкі бузіны:

1 — эпідэрміс; *2* — фелема; *3* — фелаген; *4* — феладэрма; *5* — парэнхіма першаснай кары; *6* — каленхіма; *7* — эндадэрма; *8* — склерэнхіма перыцыкла; *9* — парэнхіма другаснай кары; *10* — выканальная тканка

Механічныя тканкі забяспечваюць у значнай ступені трываласць расліны. У сувязі з выконваемымі функцыямі клеткі механічных тканак цесна змыкаюцца адна з адной, іх абалонкі значна патоўшчаныя, часта адраўнелыя. У залежнасці ад формы клетак, хімічнага складу і спосабу іх патаўшчэння механічныя тканкі падзяляюць на два тыпы – каленхіму і склерэнхіму.

Каленхіма складаецца з жывых клетак ізадыяметрычнай (часам падоўжанай) формы, якія ўтрымліваюць хларапласты. Абалонкі клетак патоўшчаны нераўнамерна. У залежнасці ад характару па-

таўшчэння абалонак адрозніваюць вугалковую, пласціністую і рыхлую каленхіму. Абалонкі клетак вугалковай каленхімы патоўшчаны толькі па вуглах, там, дзе некалькі клетак кантактуюць адна з другой. Вугалковая каленхіма характэрная для травяністых раслін з рабрыстым сцяблом (снітка, канюшына, крапіва, маркоўнік). У пласціністай каленхіме патоўшчаны сценкі клетак, якія размяшчаюцца паралельна паверхні органа. Пласціністая каленхіма характэрная для маладых парасткаў драўняных раслін. У рыхлай каленхіме (каленхіма з міжклетнікамі) клетачныя абалонкі патоўшчаны з боку міжклетнікаў.

Склерэнхіма ўяўляе сабой мёртвыя клеткі, абалонкі якіх раўнамерна патоўшчаны і цалкам або часткова адраўнелі. Склерэнхіма існуе ў выглядзе валокнаў або склерэідаў.

Валокны маюць выгляд празенхімных клетак, якія моцна выцягнутыя ў даўжыню і завостраныя на канцах. Валокны, што ўваходзяць у склад драўніны, называюцца драўнянымі або лібрыформам, а ў склад лубу – лубянымі.

Склерэіды – гэта мёртвыя, як правіла парэнхімныя (каменістыя), клеткі, часам вельмі разгалінаваныя (астрасклерэіды). Даволі часта іх абалонкі настолькі патоўшчаныя, што поласці клетак пераўтвараюцца ў шчыліны. Абалонкі склерэідаў звычайна драўнеюць і пранізваюцца шматлікімі поравымі каналамі. Склерэіды могуць утвараць суцэльную, вельмі трывалую тканку, як, напрыклад, тканка костачкі пладоў слівы, вішні, абрыкоса або каляплодніка арэшніка. Склерэіды таксама могуць быць раскіданы сярод сакавітых парэнхімных клетак у пладах (у грушы, айвы), лістах (у камеліі, абляпіхі), карэнішчах (у півоні) і каранях (у хрэна). У такіх выпадках яны служаць апорай для танкасценных клетак органаў.

У раслін лісце і карані прасторава разлучаныя; у той жа час яны аб'яднаны структурамі, па якіх паміж імі ажыццяўляецца транспарт рэчываў. Гэтыя структуры называюцца *праваднымі тканкамі*. Такіх тканак у раслін дзве – луб, або флаэма, і драўніна, або ксілема. Кожная з іх з'яўляецца комплекснай тканкай, г. зн. яна складзена клеткамі, якія выконваюць не толькі праводную функцыю, але і апорную, і запасальную.

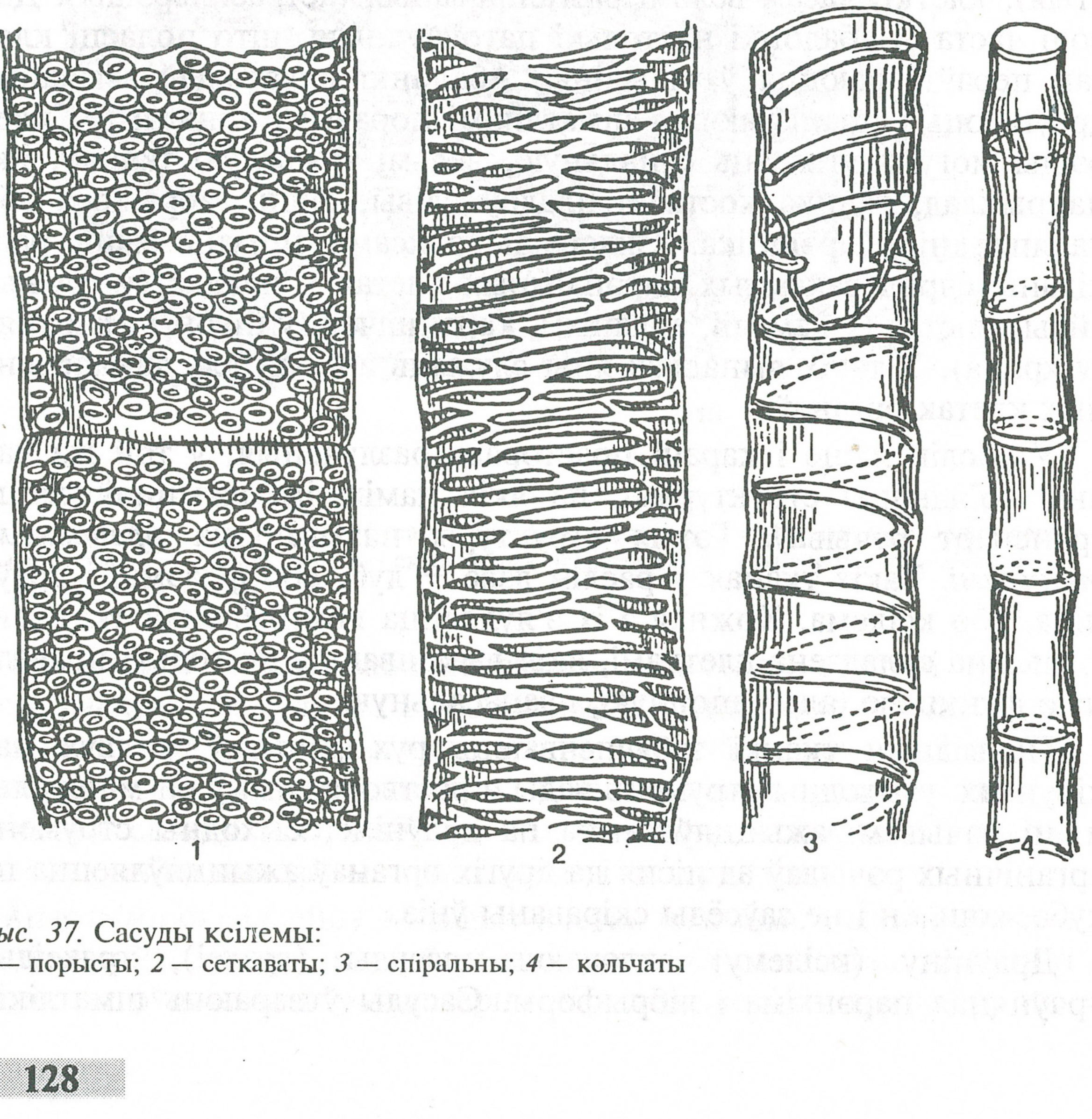
Праводныя тканкі забяспечваюць рух рэчываў у двух накірунках: узыходны струмень вады з растворанымі ў ёй мінеральнымі рэчывамі ажыццяўляецца па драўніне; сыходны струмень арганічных рэчываў ад лісця да другіх органаў ажыццяўляецца па лубе, хоць ён і не заўсёды скіраваны ўніз.

Драўніну (ксілему) складаюць сасуды (трахеі), трахеіды, драўняная парэнхіма і лібрыформ. Сасуды ўтвараюць шматлікія

мёртвыя клеткі, так званыя членікі, якія размяшчаюцца адзін над другім у выглядзе трубкі значнай даўжыні (ад некалькіх сантыметраў да 2 м). Паміж суседнімі членікамі ўзнікаюць скразныя адтуліны (перфарацыі).

Трахеіды, як і членікі сасудаў, уяўляюць сабой мёртвыя празенхімныя клеткі з патоўшчанымі і адраўнелымі абалонкамі. Даўжыня іх складае ад доляў міліметра да 1 см. У абалонках трахеідаў прысутнічаюць простыя і аблямаваныя поры. Простымі поры называюць тады, калі другасная абалонка клетак рэзка перапыняецца каля краёў поравага канала ці поравай камеры, дыяметр якіх дзякуючы гэтаму амаль не змяняецца па ўсёй таўшчыні другаснай абалонкі. Пры ўтварэнні аблямаваных пор другасная абалонка навісае над поравай камерай і ўтварае аблямоўку. Поравая камера, абмежаваная аблямоўкай, адкрываецца ў поласць клеткі праз адтуліну ў аблямоўцы — у апертуру поры.

У залежнасці ад формы патаўшчэння бакавых сценак сасуды і трахеіды бываюць кольчатыя, спіральныя, сеткаватыя і інш. (рыс. 37).



Рыс. 37. Сасуды ксілемы:
1 — порысты; *2* — сеткаваты; *3* — спіральны; *4* — кольчаты

Флаэма (луб) складаецца з сітападобных трубак, клетак-спадарожніц, лубяной парэнхімы і лубяных валокнаў. Тэрмін «луб» падкрэслівае прысутнасць у флаэме механічных элементаў, якія ў некаторых відаў раслін дасягаюць значнага развіцця.

У дзераза-, хвошча-, папарацепадобных і голанасенных асноўным правадным элементам арганічных рэчываў з'яўляюцца сітападобныя клеткі; у пакрытанасенных – сітападобныя трубкі. Сітападобныя элементы ўзнікаюць у выніку падзелу восевых клетак пракамбію або камбію. У працэсе дыферэнцыяцыі адначасова з ростам у даўжыню ў клетцы дэградзіруе ядро, часткова разбураюцца мембранная сістэма і пластыды, у клетках паяўляецца абвадненне пратапласта, цытаплазма зліваецца са змесцівам вакуолі ў адзіную масу. Пры гэтым цытаплазма страчвае паўпранікальнасць і робіцца пранікальнай для раствораў арганічных і неарганічных рэчываў.

Сценкі сітападобных элементаў утрымліваюць шматлікія дробныя скразныя канальцы – *перфарацыі*, праз якія з дапамогай ніцепадобных цяжоў злучаюцца пратапласты суседніх сітападобных элементаў. Гэтыя адтуліны сабраны групамі ў так званыя сітападобныя палі. Апошнія нагадваюць першасныя поравыя палі, пранізаныя плазмадэсмамі, якія характэрны для першасных абалонак парэнхімных клетак. На самай справе сітападобныя палі з'яўляюцца спецыялізаванымі першаснымі поравымі палямі. У сітападобных клетак, якія выцягнуты ў даўжыню і маюць завостраныя канцы, сітападобныя палі размяшчаюцца на бакавых сценках. Сітападобныя трубкі пакрытанасенных больш дасканалыя. Яны складаюцца з асобных клетак-членікаў, размешчаных адзін над другім. Даўжыня асобных членікаў сітападобных трубак складае 150–300 мкм, а папярочнік сітападобнай трубкі – 20–30 мкм. Сітападобныя палі ў членікаў сітападобных трубак знаходзяцца галоўным чынам на іх канцах. Сітападобныя палі двух членікаў, якія размешчаны адзін над другім, утвараюць сітападобную пласцінку. Эвалюцыйна членікі сітападобных трубак узніклі з сітападобных клетак.

У пакрытанасенных раслін аднačасова з дыферэнцыяцыяй сітападобных трубак адбываецца спецыялізацыя клетак-спадарожніц, у якіх захоўваюцца ядро, шматлікія мітахондрыі і пластыды. Гэтыя клеткі цесна звязаны з сітападобнымі трубкамі шматлікімі плазмадэсмамі; лічыцца, што клеткі-спадарожніцы ўплываюць на флаэмны транспарт рэчываў.

Асноўныя тканкі ўтвораны парэнхімнымі, у большасці выпадкаў жывымі, клеткамі акруглай або вуглаватай формы, з тонкімі, галоўным чынам цэлюлознымі, абалонкамі. Яны звычайна за-

паўняюць прамежкі паміж покрыўнай, праводной і механічнай тканкамі.

Тканка, якая мае аднародную будову і складзена ізадыяметрычнымі клеткамі з актыўным абменам рэчываў, у выніку якога ў многіх з іх частка рэчываў назапашваецца, называецца *парэнхімай*.

Пераважна з парэнхімы складаюцца сакавітыя часткі раслін — лісце, вонкавы пласт сцябла (кара), яго стрыжань (даволі часта з адмерлых клетак), кара каранёў, клубні, цыбуліны, сакавітыя плады, часткі кветак і г. д. Асноўная тканка можа выконваць розныя функцыі. Так, у мякаці ліста і ў вонкавым пласце кары яна ажыццяўляе фотасінтэз (такі тып парэнхімы называецца *хларэнхімай*, а тканка, у склад якой яна ўваходзіць, — *асіміляцыйнай*); у клубнях, патоўшчаных каранях, часам у стрыжні сцябла выконвае ролю запасальнай тканкі, дзе назапашваюцца пажыўныя рэчывы.

Парэнхіма сукулентаў спецыялізуецца на запасанні вады, што дасягаецца ўтварэннем у клетках слізі.

Звычайна ў парэнхіме паміж клеткамі існуюць міжклетнікі. У некаторых відаў раслін (асабліва водных) міжклетнікі даволі вялікія і ўтвараюць унутры раслін сістэму паветраных поласцей і каналаў (вентыляцыйную сістэму). Такі тып парэнхімы называецца *аэрэнхімай*.

Расліны не маюць спецыялізаваных органаў выдзялення, але ў іх клетках, як і ў клетках іншых арганізмаў, утвараюцца канчатковыя, нехарактэрныя для расліны прадукты абмену рэчываў, якія павінны быць выведзены. Экскрэторныя рэчывы выдаляюцца з арганізма або назапашваюцца ў асобных ёмішчах. У сувязі з гэтым выдзяляльныя тканкі можна падзяліць на дзве групы: унутранай і знешняй сакрэцыі. Да першай адносяцца млечнікі, адзінкавыя выдзяляльныя клеткі, схізагенныя і лізігенныя ўмяшчальні. Прадуктамі ўнутранай сакрэцыі з'яўляюцца дубільныя рэчывы, смолы, эфірныя алеі і інш. Да другой адносяцца залозістыя валаскі і залозкі, размешчаныя на паверхні органаў. Прадукты знешняй сакрэцыі — эфірныя алеі, нектар, вада і інш.

Млечнікі — гэта жывыя клеткі з цытаплазмай, мноствам ядраў і вакуоляў, запоўненых млечным сокам (латэксам). Сценкі іх складзены цэлюлозай. Адрозніваюць членістыя і нячленістыя млечнікі. Першыя, як і сасуды, утвараюцца ў выніку разбурэння папярочных сценак у вертыкальнага рада клетак, другія — у выніку разрастання спецыяльных клетак зародка. Млечнікі развіваюцца або толькі ў флаэме, або пранізваюць увесь орган (сцябло, ліст, корань). Яны могуць выконваць не толькі выдзя-

ляльную, але і правадную, і запасальную функцыю. Млечнікі характэрныя для некаторых груп раслін, такіх як складанакветкавыя, макавыя, малачайныя.

Выдзяляльныя клеткі раскіданыя сярод клетак другіх тканак. Па меры таго як назапашваецца экскрэт, пратапласт іх адмірае, а на абалонку знутры адкладваецца суберын, які ізалюе ядавітыя рэчывы ад акружаючых клетак.

Схізагенныя і лізігенныя ёмішчы выконваюць функцыю назапашвання і захоўвання канечных прадуктаў жыццядзейнасці, якія выключаюцца з абмену рэчываў. Яны маюць акруглую або каналападобную форму і розную велічыню.

Схізагенныя ёмішчы фарміруюцца з міжклетнікаў, што ўзнікаюць у выніку рассоўвання клетак.

Жывыя клеткі, якія прылягаюць да ёмішча, набываюць функцыі экскрэторных і выдзяляюць у поласць ёмішча розныя рэчывы (як, напрыклад, бальзам – раствор смолаў у эфірных алеях у голанасенных).

Лізігенныя ёмішчы фарміруюцца ў выніку растварэння групы клетак, запоўненых экскрэторнымі рэчывамі.

Залозістыя валаскі ўтвараюцца з клетак эпідэрмісу. У іх назапашваюцца і выдзяляюцца з расліны ў навакольнае асяроддзе розныя экскрэторныя рэчывы (газападобныя, вадкія і цвёрдыя).

Нектарнікі – гэта залозкі, якія выдзяляюць на паверхню органа сумесь вугляводаў (з невялікай прымессю бялкоў, спіртоў і духмяных рэчываў). Яны размяшчаюцца часцей за ўсё ў кветках – на чашалісціках, пялёстках, у сценках завязі, на кветаложы. Цукровыя выдзяленні нектарнікаў кветкі прываблівають насякомых-апыляльнікаў.

Гідатоды – гэта залозкі, якія выдаляюць на паверхню органа ваду. Яны сканцэнтраваны звычайна па краі ліста, пераважна на вярхушках зубчыкаў.

ВЕГЕТАТЫЎНЫЯ ОРГАНЫ

Органам называюць частку арганізма, якая мае пэўную будову і выконвае пэўныя функцыі. У адпаведнасці з дзвюма галоўнымі функцыямі – падтрыманне жыццядзейнасці дадзенай канкрэтнай асобіны і аднаўленне яе ў шэрага пакаленняў – выдзяляюць вегетатыўныя і генератыўныя (рэпрадуктыўныя) органы. Вегетатыўныя органы складаюць цела вышэйшай расліны; генератыўныя – прызначаны да палавога або споравага размнажэння. Да іх адносяць архегоніі, антэрыдыі, спарангіі, а ў пакрытанасенных – кветкі і іх вытворныя – плады і насенне.

Вегетатыўныя органы сучасных вышэйшых раслін узніклі ў працэсе эвалюцыі і некалькі пазней, чым тканкі. Тканкі паявіліся адначасова з асваеннем сушы, як вынік пераходу да жыцця ў двух асяроддзях — паветраным і глебе. Тканкі прысутнічаюць ужо ў самых старажытных наземных раслінах — рыніяфітах. У той жа час цела рыніяфітаў уяўляе сабой больш-менш разгалінаваную бязлістую вось. Асобныя цыліндрычныя галінкі гэтай восі атрымалі назву тэломаў (ад грэч. telos — канец). Лічыцца, што з гэтых галінак — тэломаў — узнікае парастак. У старажытных вышэйшых раслін парастак і яго відазмяненні выконвалі ўсе асноўныя функцыі вегетатыўных органаў. Корань эвалюцыйна ўзнікае пазней парастка і, верагодна, паходзіць ад коранепадобных галінак — рызамоідаў першых раслін, якія выйшлі на сушу.

Корань

Корань — вегетатыўны орган расліны, які паглынае з глебы ваду з растворанымі ў ёй мінеральнымі рэчывамі і праводзіць іх у сцябло. Акрамя таго, з дапамогай кораня расліны замацоўваюцца ў глебе. У некаторых раслін корань выконвае функцыю вегетатыўнага размнажэння і з'яўляецца месцам адкладвання запасных рэчываў. Праз корань расліны ўплываюць адна на другую (з дапамогай выдзялення асобных рэчываў) або ўступаюць ва ўзаемасувязь з другімі арганізмамі (сімбіёз).

Корань — восевы орган расліны, які неакрэслена доўга нарастае ў даўжыню дзякуючы дзейнасці апікальнай мерыстэмы. Апошняя ахоўваецца пры дапамозе каранёвага чахольчыка. Корань ніколі не ўтварае лісця; галінаванне і закладка пупышак адбываюцца эндагенна (з унутраных тканак).

Для кораня характэрны радыяльная сіметрыя і станоўчы геатрапізм, г. зн. рост у накірунку вектара сілы цяжару.

У залежнасці ад паходжання адрозніваюць галоўны корань, прыдаткавыя і бакавыя карані, якія ў сукупнасці складаюць каранёвую сістэму.

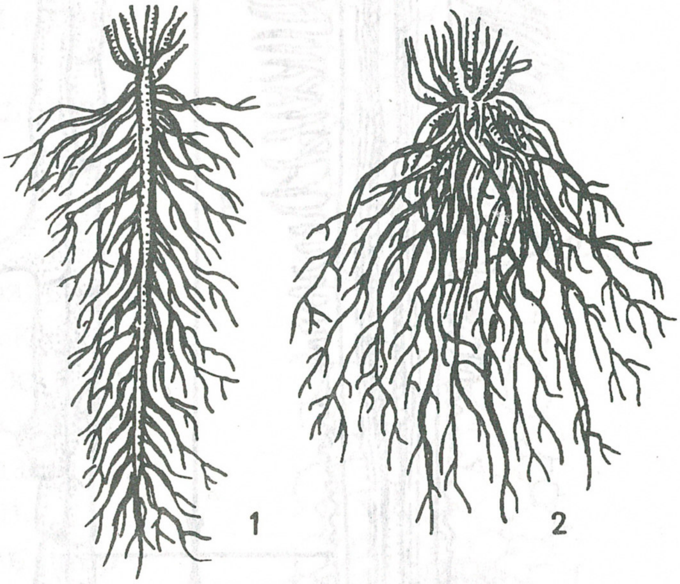
Галоўны корань развіваецца з карэньчыка зародка насення. У глебе ён займае вертыкальнае становішча, расце ў глыбіню. Месца пераходу кораня ў сцябло называецца *каранёвай шыйкай.*

Прыдаткавыя карані — гэта карані, якія ўтвараюцца на другіх органах расліны. Асабліва часта яны развіваюцца на ніжняй частцы сцябла (у кукурузы), на чаранках (напрыклад, пры ўкараненні галінак вярбы ці таполі), на падземных парастках — карэнішчах (у асакі, ландыша, купены, суніц і інш.), радзей — на лістах (у бягоніі).

Бакавыя карані развіваюцца на галоўным або прыдаткавых каранях і адрозніваюцца слаба выражаным геатрапізмам, у сувязі з чым растуць у гарызантальным накірунку, г. зн. перпендыкулярна галоўнаму ці прыдаткаваму кораню або коса ўніз.

Па форме карані таксама разнастайныя: ніткападобныя, шнурападобныя, конусападобныя, верацёнападобныя, рэпападобныя, клубнепадобныя і інш.

Калі каранёвая сістэма ўтрымлівае добра развіты галоўны корань і бакавыя, яе называюць *стрыжнёвай*. Калі ж асноўную масу каранёвай сістэмы складаюць прыдаткавыя карані, а галоўны корань развіты слаба, яе называюць *валасніковістай* (рыс. 38).



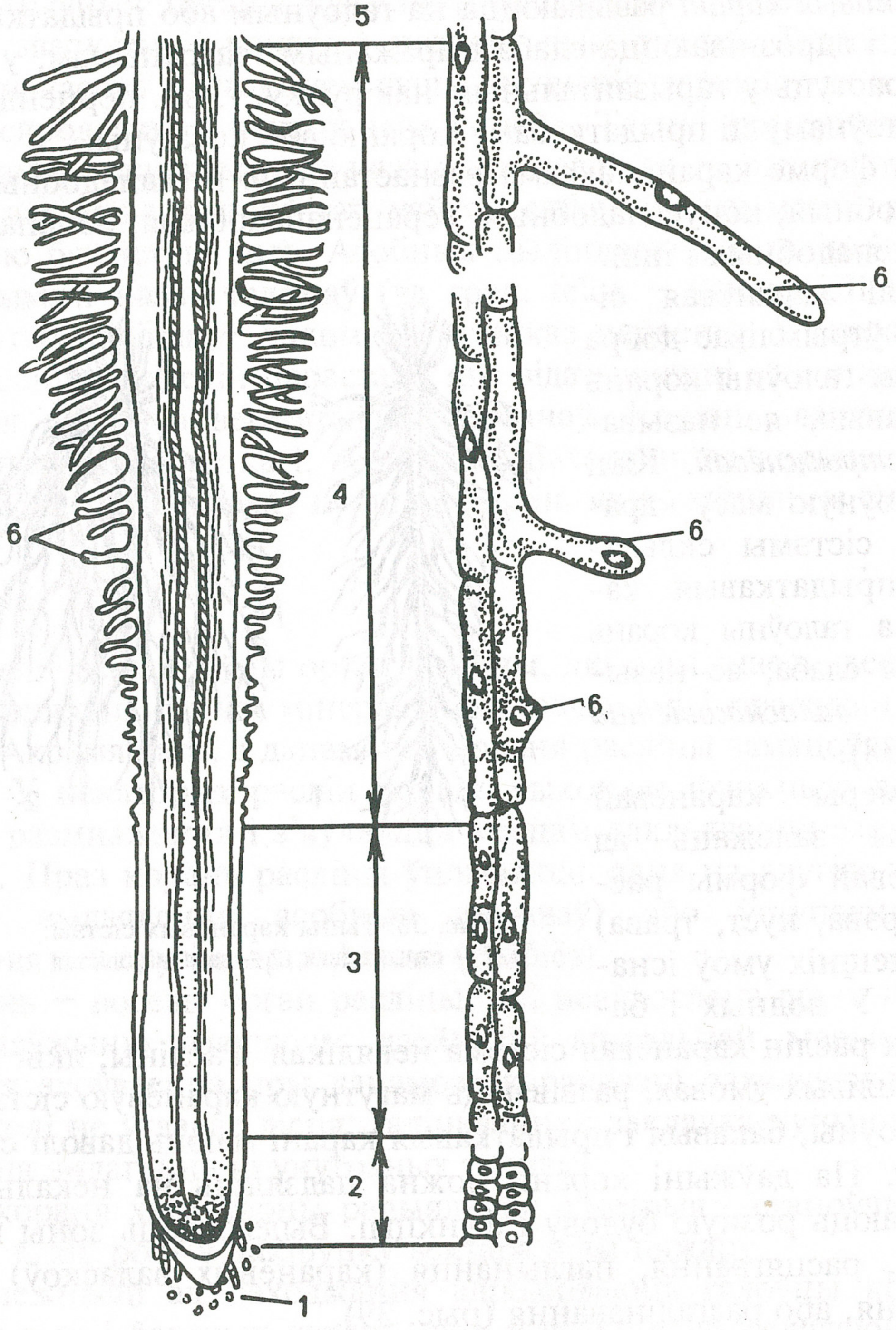
Рыс. 38. Тыпы каранёвых сістэм:
1 — стрыжнёвая; *2* — валасніковістая

Памеры каранёвай сістэмы залежаць ад жыццёвай формы раслін (дрэва, куст, трава) і ад знешніх умоў існавання. У водных і балотных раслін каранёвая сістэма невялікая. Расліны, якія жывуць у засушлівых умовах, развіваюць магутную каранёвую сістэму.

Галоўны, бакавыя і прыдаткавыя карані маюць даволі сходную будову. Па даўжыні корань можна падзяліць на некалькі зон, якія маюць розную будову і функцыі. Выдзяляюць зоны падзелу клетак, расцягвання, паглынання (каранёвых валаскоў) і праводзення, або разгалінавання (рыс. 39).

На верхавіне корань пакрыты каранёвым чахольчыкам, які ахоўвае апікальную мерыстэму — *зону падзелу* — ад пашкоджанняў. Паверхневыя клеткі чахольчыка па меры росту кораня адслойваюцца, а замест іх з клетак апікальнай мерыстэмы нарастаюць новыя.

За зонай падзелу размяшчаецца невялікі ўчастак кораня, у якім клеткі спыняюць падзел і выцягваюцца па восі кораня, дзякуючы чаму ён падаўжаецца. Гэта *зона расцягвання,* або *росту.* Яна звычайна не перавышае некалькіх міліметраў і змяняецца *зонай паглынання*, якая ўтрымлівае вялікую колькасць валаскоў.



Рыс. 39. Зоны кораня:
1 — каранёвы чахольчык; *2—5* — адпаведна зоны падзелу, расцягвання, паглынання і правядзення; *6* — каранёвыя валаскі

Кожны каранёвы валасок уяўляе сабой доўгі (0,15—1,0 мм) выраст паверхневай клеткі. Сценкі валаска тонкія, цэлюлозныя; ядро звычайна знаходзіцца ў кончыку валаска. З дапамогай каранёвых валаскоў ажыццяўляецца паглынанне вады і мінеральных рэчываў з глебы.

Каранёвыя валаскі функцыянуюць 10—20 дзён. У больш старой частцы зоны яны пастаянна адміраюць, а ў маладой — паста-

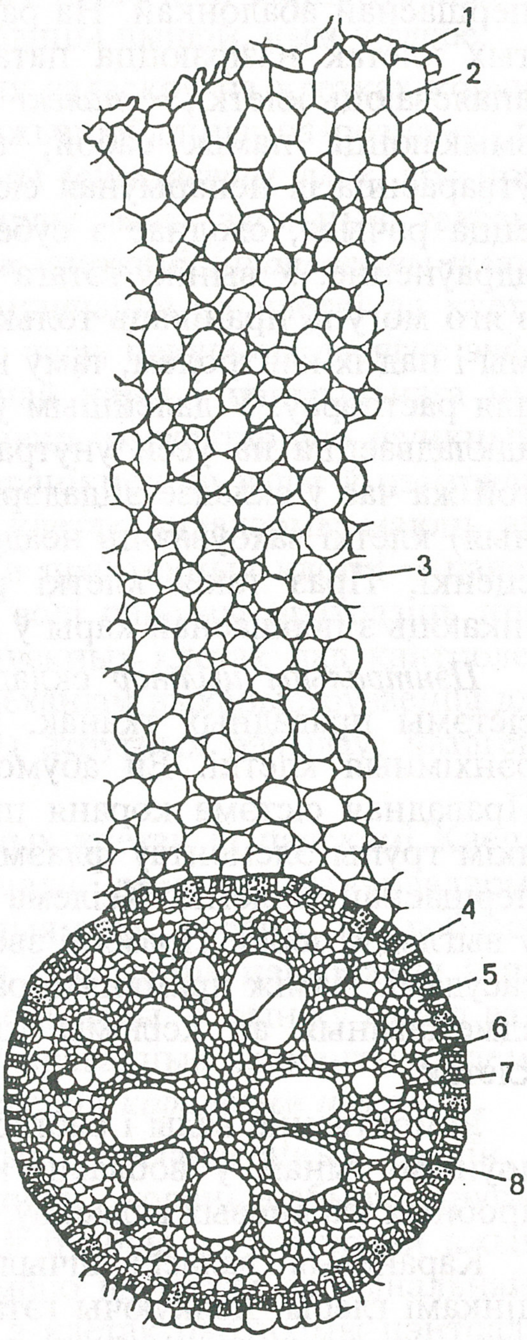
янна ўтвараюцца. Таму зона паглынання перамяшчаецца і ўвесь час знаходзіцца блізка каля кончыка кораня. Даўжыня яе не перавышае некалькіх міліметраў. У гэтай зоне адбываецца дыферэнцыяцыя тканак кораня, якія фарміруюцца з першаснай мерыстэмы.

Анатамічная (мікраскапічная) будова кораня ў зоне паглынання называецца першаснай.

Далей размяшчаецца *зона правядзення* вады і мінеральных рэчываў у надземныя часткі расліны. Яна складае галоўную масу кораня. У гэтай зоне ўжо адсутнічаюць каранёвыя валаскі і ўтвараюцца бакавыя карані.

У корані адрозніваюць першасную кару і цэнтральны цыліндр (рыс. 40).

Першасная кара пакрыта своеасаблівым эпідэрмісам, з клетак якога ўтвараюцца каранёвыя валаскі. У сувязі з гэтым эпідэрміс кораня называюць *рызадэрмай* або *эпіблемай*.



Рыс. 40. Першасная анатамічная будова кораня касача:
1 — рызадэрма; *2* — экзадэрма; *3* — парэнхіма першаснай кары; *4* — эндадэрма; *5* — перыцыкл; *6* — флаэма; *7* — ксілема; *8* — асяродак

У склад першаснай кары ўваходзяць экзадэрма, парэнхіма і эндадэрма. Экзадэрма складзена з аднаго або некалькіх пластоў клетак і пасля адмірання рызадэрмы выконвае функцыю покрыўнай тканкі. Абалонкі клетак экзадэрмы рана насычаюцца суберынам, і клеткі акаркоўваюцца.

Пад экзадэрмай залягаюць жывыя клеткі асноўнай парэнхімы, якія размяшчаюцца больш-менш рыхла і ўтвараюць міжклетнікі. Унутраны аднарадны пласт першаснай кары, клеткі якога шчыльна прылягаюць адна да другой, уяўляе сабой эндадэрму. На ранніх этапах развіцця яна складаецца з жывых, некалькі выцягнутых у даўжыню прызматычных танкасценных клетак з

першаснай абалонкай. На радыяльных і папярочных сценках гэтых клетак назіраюцца патаўшчэнні ў выглядзе рамачак, якія апаясваюць клеткі, – *паяскі Каспары*. Паяскі суседніх клетак так змыкаюцца паміж сабой, што вакол цэнтральнага цыліндра ўтвараецца іх непарыўная сістэма. У паясках Каспары адкладваецца рэчыва, сходнае з суберынам, і, акрамя таго, адбываецца адраўненне. У выніку гэтага ўсе рэчывы ў цэнтральны цыліндр і з яго могуць пранікаць толькі праз жывыя пратапласты эндадэрмы і пад іх кантролем, таму што паяскі Каспары непранікальныя для раствораў. У далейшым у каранях большасці раслін суберын адкладваецца па ўсёй унутранай паверхні сценак эндадэрмы. У той жа час у складзе эндадэрмы некаторыя (так званыя прапускныя) клеткі захоўваюць неадраўнелыя неакаркаваныя ўнутраныя сценкі. Праз такія клеткі раствораныя ў вадзе рэчывы пранікаюць з першаснай кары ў цэнтральны цыліндр.

Цэнтральны цыліндр складзены з аднаслойнага перыцыкла і сістэмы праводных тканак. Перыцыкл фарміруюць жывыя парэнхімныя клеткі. Ён абумоўлівае ўтварэнне бакавых каранёў. Праводная сістэма кораня прадстаўлена радыяльным пучком, у якім групы элементаў флаэмы чаргуюцца па радыусах з цяжамі першаснай ксілемы. Ксілема размяшчаецца ў цэнтры прамянямі ў выглядзе зоркі. Прамяні звонку заканчваюцца больш дробнымі сасудамі. Паміж прамянямі размяшчаюцца групы клетак флаэмы, адмежаваныя ад ксілемы пластом танкасценных парэнхімных клетак.

Усмоктванне вады і раствораных у ёй рэчываў адбываецца галоўным чынам у вобласці кончыка кораня, дзе ёсць мноства дробных каранёвых валаскоў.

Каранёвыя валаскі шчыльна сутыкаюцца з асобнымі часцінкамі глебы. Дзякуючы гэтаму ажыццяўляецца іх кантакт з вадой і з растворанымі мінеральнымі рэчывамі.

Паглынанне вады каранямі адбываецца, па ўсёй верагоднасці, шляхам осмасу, хоць ёсць даныя, якія ўказваюць на актыўны яе перанос. Як правіла, канцэнтрацыя раствораных рэчываў у цытаплазме вышэй, чым у вадзе, што знаходзіцца вакол каранёў. Па меры пранікнення вады ў клеткі канцэнтрацыя мінеральных рэчываў у іх паніжаецца, і таму вада з гэтых клетак пераходзіць у суседнія, пакуль не дасягне цэнтральнага цыліндра. Цэнтральны цыліндр, як вядома, утрымлівае праводную тканку – *ксілему*, па якой вада падымаецца ўверх да лісця.

Пранікненне солей у каранёвыя валаскі і далей у клеткі кары і цэнтральнага цыліндра адбываецца шляхам дыфузіі і актыўнага пераносу. Эксперыментальна высветлена, што ўсмоктванне міне-

ральных рэчываў не перапыняецца і тады, калі канцэнтрацыя іх у клетках каранёвых валаскоў становіцца вышэй, чым у глебе.

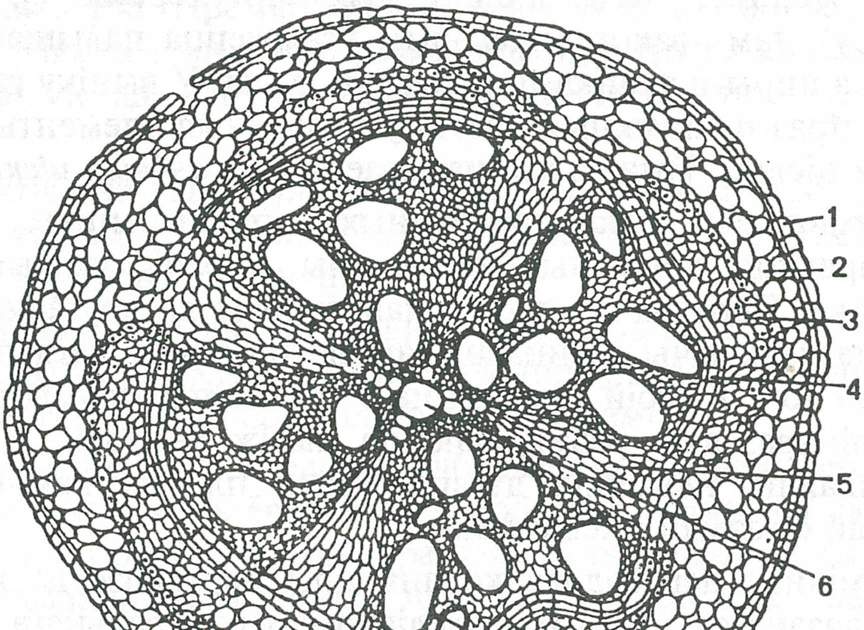
Перамяшчэнне вады з каранёвых валаскоў па клетках кораня да цэнтральнага цыліндра можа ажыццяўляцца па-рознаму: па цытаплазме клетак праз плазмадэсмы *(сімпластны шлях)* або праз вакуолі *(вакуалярны шлях)*. Малекулы вады здольныя таксама дыфундзіраваць па абалонках паміж клеткамі *(апапластны шлях)*. Ва ўсіх выпадках вада можа перамяшчацца ад клеткі да клеткі або па клетачных абалонках да таго часу, пакуль не дасягне *эндадэрмы* — тканкі на мяжы першаснай кары і цэнтральнага цыліндра. Клеткі эндадэрмы выконваюць рэгулятарную функцыю: яны перашкаджаюць свабоднаму пранікненню вады ў цэнтральны цыліндр. Паколькі большасць клетак эндадэрмы маюць адраўнелыя і акаркаваныя абалонкі, а прапускныя клеткі — паяскі Каспары, вада і раствораныя ў ёй солі павінны праходзіць праз цытаплазматычную мембрану прапускных клетак пад кантролем іх цытаплазмы. Як лічыцца, гэты механізм выкарыстоўваецца для абароны ад пранікнення ў расліны атрутных рэчываў, патагенных бактэрый, грыбоў і інш.

Трэба адзначыць, што прапускных клетак (з паяскамі Каспары) у эндадэрме ўтрымліваецца мала, дыяметр жа эндадэрмы намнога меншы, чым знешні дыяметр кораня (у вобласці эпідэрмісу), таму вакол эндадэрмы ўтвараецца павышаная ў параўнанні з іншымі тканкамі колькасць вады. У выніку гэтага вада пранікае праз прапускныя клеткі ў правадныя элементы ксілемы з пэўным ціскам. Гэтая з’ява называецца *каранёвым ціскам.*

У двухдольных пакрытанасенных і голанасенных раслін, у якіх утвараюцца другасныя мерыстэмы, корань набывае другасную будову. Пераход ад першаснай будовы да другаснай ажыццяўляецца дзякуючы дзейнасці камбію на мяжы паглынальнай і праваднoй зон. Камбій утвараецца з клетак парэнхімы цэнтральнага цыліндра, якія размяшчаюцца паміж ксілемай і флаэмай. Так узнікаюць невялікія дугападобныя пласты камбію паміж першаснай флаэмай і ксілемай.

Анатамічная перабудова кораня пры пераходзе да другаснай будовы звязана са значным павелічэннем цэнтральнага цыліндра дзякуючы ўтварэнню камбіем другасных правадных тканак. Да сярэдзіны цэнтральнага цыліндра камбій адкладвае клеткі, якія дыферэнцыруюцца ў элементы другаснай ксілемы, а да паверхні — клеткі, якія дыферэнцыруюцца ў элементы другаснай флаэмы. У месцах, дзе сасуды першаснай ксілемы сутыкаюцца з перыцыклам, клеткі апошняга таксама пераўтвараюцца ў камбій, але ён дыферэнцыруецца толькі ў парэнхіму, якая ўтварае рады-

яльныя прамяні. З пачаткам дзейнасці камбію перыцыклічнага паходжання ўтвараецца камбіяльнае кольца. Разам з павелічэннем другаснай ксілемы і флаэмы першасная флаэма адсоўваецца да перыферыі. З клетак перыцыкла ўзнікае коркавы камбій (фелаген), які ўтварае пласт корку. У сувязі з гэтым першасная кара ізалюецца ад цэнтральнага цыліндра, сціскаецца, адмірае і злушчваецца. Застаецца толькі цэнтральны цыліндр, пакрыты коркам. Такім чынам, пры другаснай будове ў цэнтры кораня размяшчаецца першасная ксілема (рыс. 41). Ад яе прамянёў пачынаюцца радыяльныя прамяні — участкі танкасценнай жывой парэнхімы. З радыяльнымі прамянямі чаргуюцца шырокія ўчасткі другаснай ксілемы з буйнымі сасудамі і драбнаклетачнай драўнянай парэнхімай. Участкі другаснай ксілемы акружаны камбіяльнай зонай, якая складаецца з дробных танкасценных клетак у выглядзе правільных радыяльных радоў. К перыферыі ад камбіяльнай зоны, насупраць кожнага ўчастка другаснай ксілемы, знаходзіцца другасная флаэма. Камбій, які ўтварае парэнхіму радыяльных прамянёў, малапрыкметны. Звонку ён адкладвае таксама асноўную парэнхіму. Тканкі, размешчаныя звонку ад камбію (флаэма, асноўная парэнхіма, феладэрма і коркавы камбій), называюцца *другаснай карой*.

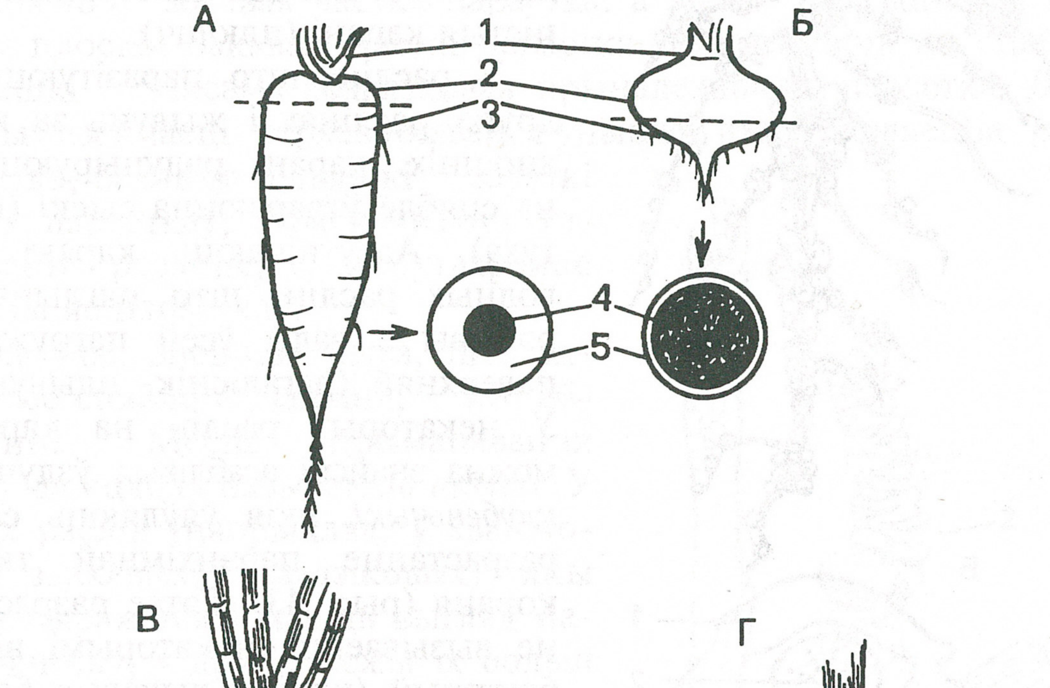


Рыс. 41. Другасная анатамічная будова кораня гарбуза:

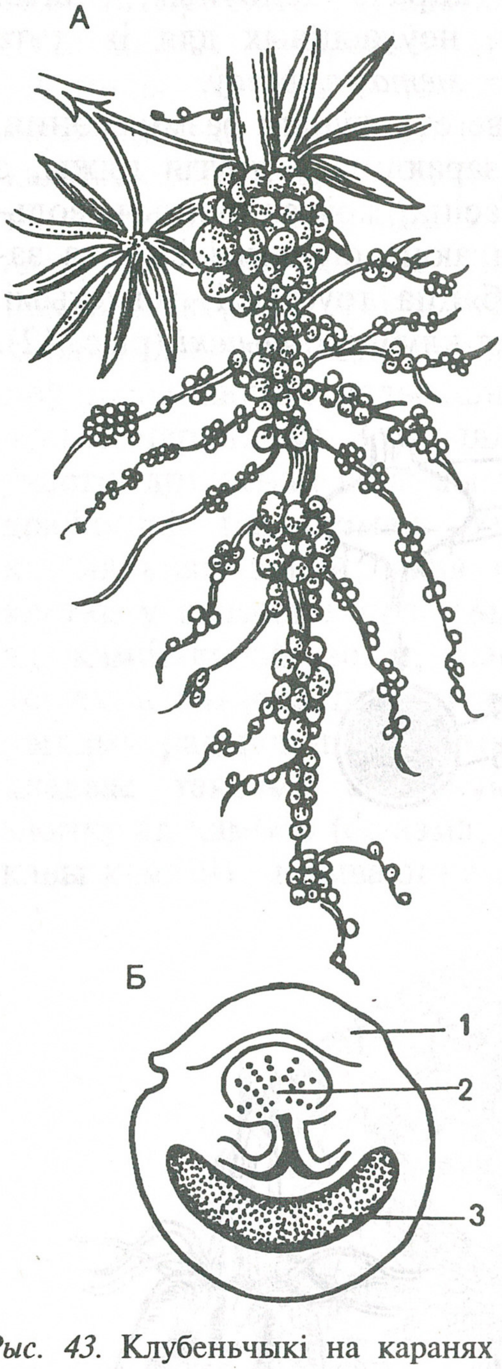
1 — перыдэрма; *2* — парэнхіма другаснай кары; *3* — флаэма; *4* — камбій; *5* — радыяльны прамень; *6, 7* — адпаведна першасная і другасная ксілема

Калі карані раслін выконваюць, апрача асноўных, іншыя функцыі або ўтвараюцца ва ўмовах, неўласцівых для іх, гэта прыводзіць да розных відазмяненняў — *метамарфозаў*.

Калі карані выконваюць функцыі вегетатыўнага размнажэння, яны перастаюць галінавацца, пераўтвараюцца ў доўгія цяжы, з якіх узнікаюць каранёвыя атожылкі (асіна, жоўтая акацыя, вольха шэрая, вішня). Калі карані выконваюць функцыі ёмішча запасных пажыўных рэчываў, яны робяцца тоўстымі, мясістымі, утвараюць караняплоды або каранёвыя клубні — *шышкі* (рыс. 42).



Рыс. 42. Відазмененыя карані:
караняплоды морквы (*А*) і рэпы (*Б*); каранёвыя шышкі вяргіні (*В*) і архідэі (*Г*); *1* — галоўка; *2* — шыйка; *3* — корань; *4* — ксілема; *5* — флаэма



Рыс. 43. Клубеньчыкі на каранях лубіну:
А — каранёвая сістэма; *Б* — клубеньчык (папярочны зрэз): *1* — кара; *2* — ксілема; *3* — бактэрыйная тканка

Ніжняя частка караняплода па сваім паходжанні з'яўляецца галоўным коранем, верхняя ж — сцяблом (бурак, бручка, рэпа, морква). Каранёвыя шышкі — гэта мясістыя патаўшчэнні бакавых і прыдаткавых каранёў (вяргіня, чысцяк). У ліян для прымацавання да ствалоў іншых раслін, да сцен дамоў утвараюцца паветраныя ўчэпістыя карані (плюшч).

У раслін, што паразітуюць на другіх раслінах і жывуць за кошт апошніх, карані рэдуцыруюцца і на сцябле ўтвараюцца сыскі (павітуха). Адсутнічаюць карані і ў водных раслін, што паглынаюць рэчывы з вады ўсёй пагружанай паверхняй (рагаліснік, плывунец). У некаторых раслін на каранях можна знайсці асаблівыя ўздуцці — *клубеньчыкі,* якія ўяўляюць сабой разрастанне парэнхімнай тканкі кораня (рыс. 43). Гэтае разрастанне выклікаецца некаторымі відамі бактэрый (клубеньчыкавыя бактэрыі). Бактэрыі пранікаюць у корань з глебы і спачатку цалкам існуюць за кошт расліны-гаспадара і з'яўляюцца паразітамі. У далейшым яны пачынаюць паглынаць з паветра азот і выпрацоўваць арганічныя азоцістыя рэчывы ў такой колькасці, што іх хапае не толькі для таго, каб задаволіць свае патрэбы, але і каб забяспечыць імі расліну-гаспадара. Так, сімбіёз назіраецца ў струкавых раслін (канюшына, лубін, чына і інш.), таму ўсе тканкі іх вельмі багатыя азотам і гэтыя расліны выкарыстоўваюцца ў мэтах назапашвання азоту ў глебе.

На каранях вольхі, лоху, абляпіхі таксама ўтвараюцца клубеньчыкі, падобныя да клубеньчыкаў струкавых раслін, але яны ўзнікаюць у выніку сімбіёзу з актынаміцэтамі, здольнымі, як і бактэрыі, фіксаваць атмасферны азот.

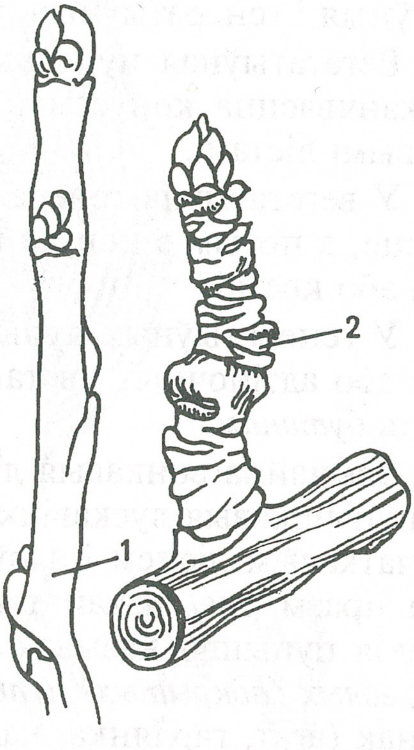
Парастак

Парастак, як і корань, з'яўляецца асноўным органам расліны. У тыповым выпадку ён выконвае функцыю паветранага жыўлення, але даволі часта можа выконваць іншыя функцыі і здольны да метамарфозаў.

Парастак уяўляе сабой сцябло, якое нясе лісце і пупышкі. Сцябло і лісце – структурныя элементы парастка – разглядаюцца як яго органы.

Сцябло – восевая частка парастка, а лісты – у тыповым выпадку плоскія бакавыя часткі парастка, якія сядзяць на сцябле. Пупышкі – таксама абавязковая прыналежнасць парастка. Дзякуючы дзейнасці верхавінкавай пупышкі ажыццяўляецца рост парастка; бакавыя пупышкі – зачаткі новых парасткаў, забяспечваюць галінаванне расліны, г. зн. утварэнне сістэмы яе парасткаў.

Галоўная знешняя рыса, што адрознівае сцябло ад кораня, – яго аблісценне. Месца прымацавання лістоў да сцябла называюць *вузлом*. У адных раслін (напрыклад, у хвашчовых, злакавых, гваздзіковых) яны рэзка выражаны і маюць выгляд патаўшчэнняў; у другіх межы іх больш або менш сцёртыя, непрыкметныя. Участкі сцябла паміж суседнімі вузламі называюцца *міжвузеллямі*. Звычайна парастак складаецца з некалькіх, часам многіх вузлоў і міжвузелляў, якія чаргуюцца ў пэўным парадку ўздоўж восі парастка. Кожны элемент парастка, які паўтараецца (міжвузелле і вузел з лістом і пупышкай), утварае *метамер*. Пабег, такім чынам, складаецца з шэрага метамераў, г. зн. мае метамерную будову.



Рыс. 44. Падоўжаны (*1*) і пакарочаны (*2*) парасткі яблыні

У залежнасці ад ступені развіцця міжвузелляў парасткі бываюць падоўжанымі – з выцягнутымі міжвузеллямі і пакарочанымі – з кароткімі міжвузеллямі (рыс. 44). Падоўжаныя парасткі ў сваю чаргу могуць быць слаба або густа пакрыты лісцем, што залежыць ад даўжыні міжвузелляў, колькасці вузлоў і лістоў. Падоўжаныя парасткі характэрныя для большасці раслін, а пакарочаныя – для многіх драўняных раслін (сасна, лістоўніца, таполя,

бяроза, яблыня і інш.). У пакрытанасенных на парастках утвараюцца суквецці і плады. У сельскагаспадарчых пладовых раслін такія парасткі называюцца *пладушкамі.* У некаторых травяністых раслін надземная вегетатыўная частка ўяўляе сабой пакарочаны парастак, на якім каля самай глебы размяшчаецца разетка лісця. Такія расліны называюцца разетачнымі (дзьмухавец, трыпутнік).

Вугал, утвораны лістом і ўчасткам сцябла, называецца *ліставой пазухай.* У пазухах лістоў закладваюцца пазушныя пупышкі (адна або некалькі), у выніку развіцця якіх парастак галінуецца. Заканчваецца парастак верхавінкавай пупышкай.

Пупышка — гэта зачаткавы парастак з вельмі пакарочанымі міжвузеллямі, які знаходзіцца ў стане адноснага супакою. Адрозніваюць пупышкі вегетатыўныя (ліставыя), вегетатыўна-генератыўныя і генератыўныя, або кветкавыя (рыс. 45).

Вегетатыўная пупышка ўяўляе сабой зачаткавы парастак, які заканчваецца конусам нарастання з цесна размешчанымі зачаткавымі лістамі.

У вегетатыўна-генератыўнай пупышцы спачатку закладваецца лісце, а потым з конуса нарастання фарміруюцца зачаткі суквецця або кветкі.

У генератыўных пупышках утвараюцца толькі зачаткі суквецця або адзіночных кветак. У апошнім выпадку пупышку называюць *бутонам.*

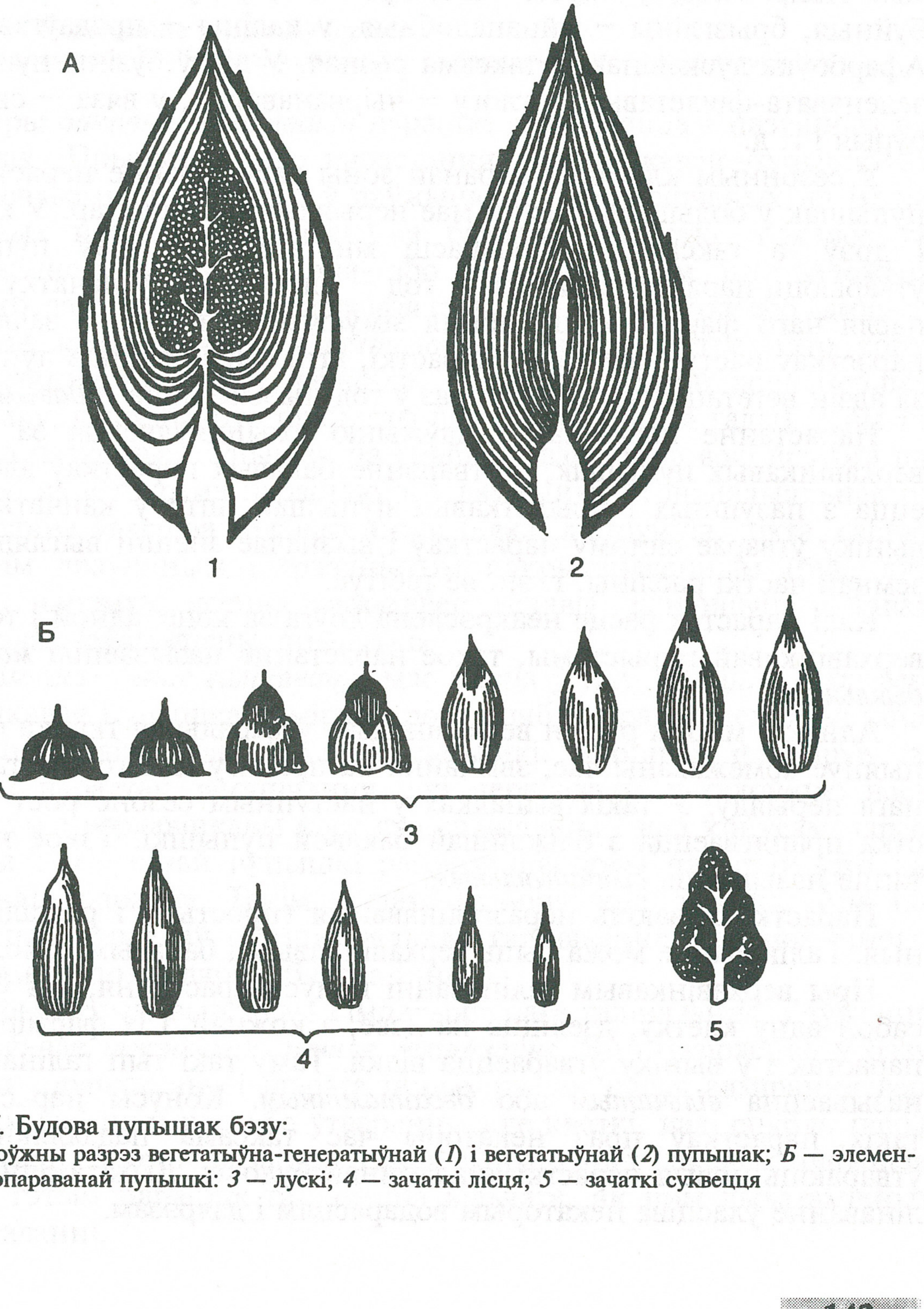
Звычайна вонкавыя ліставыя зачаткі пупышкі пераўтвараюцца ў пупышкавыя лускавінкі, якія прыкрываюць конус нарастання з зачаткавым лісцем і ахоўваюць пупышкі ад высыхання, уздзеяння празмерна нізкай тэмпературы і механічных пашкоджанняў. Такія пупышкі называюцца *ахаванымі (закрытымі)* у адрозненне ад *голых (адкрытых) пупышак,* якія не маюць пупышкавых лускавінак (агат, гарлянка, каліна). У голых пупышак конус нарастання і зачаткі лісця закрытыя больш дарослым фотасінтэзуючым лісцем.

Па размяшчэнні на сцябле адрозніваюць пупышкі верхавінкавыя і бакавыя. Апошнія па паходжанні могуць быць пазушнымі і прыдаткавымі. *Пазушныя пупышкі* закладваюцца на конусе нарастання экзагенна (паверхнева) у пазухах ліставых бугаркоў. Пазушныя пупышкі, якія на працягу часу не ўтвараюць парасткаў, называюцца *спячымі.*

Пазушныя пупышкі могуць размяшчацца на сцябле чаргова (вярба, ліпа) або супраціўна (бузіна, бэз, ясень). Калі ў пазусе ліста закладваецца некалькі пупышак адна над другой вертыкальным радам, іх называюць *серыяльнымі* (ажына, бружмель); прарастаючы, яны ўтвараюць або цэлы пучок парасткаў над ад-

ным вузлом, або прарастаюць па чарзе, год за годам. Некалькі пупышак, што сядзяць побач, называюцца *калатэральнымі*.

Прыдаткавыя пупышкі могуць узнікнуць у любой частцы сцябла эндагенна (з камбію, коркавага камбію і перыцыкла). Яны могуць утварацца ў выніку якога-небудзь раздражнення. Стрыжка дрэў і кустоў, укусы насякомых, заражэнне паразітнымі грыбамі вызываюць утварэнне мноства прыдаткавых парасткаў, якія называюць «ведзьміны мётлы». Іх часта можна бачыць на бярозе, грабе, рабініі.



Рыс. 45. Будова пупышак бэзу:

А — падоўжны разрэз вегетатыўна-генератыўнай (*1*) і вегетатыўнай (*2*) пупышак; *Б* — элементы адпрэпараванай пупышкі: *3* — лускі; *4* — зачаткі лісця; *5* — зачаткі суквецця

Прыдаткавыя пупышкі развіваюцца на пнях пасля высечкі многіх дрэўных парод. Пры гэтым утвараюцца так званыя *пнёвыя парасткі* (у дуба, вяза, бярозы, ліпы, ясеня, арэшніку). Ва ўтварэнні пнёвых парасткаў удзельнічаюць і спячыя пупышкі.

Часам прыдаткавыя пупышкі ўтвараюцца на лісце і адразу даюць маленькія парасткі з прыдаткавымі каранямі (брыяфілюм) або цыбулінкі (цыбуля). Такія прыдаткавыя пупышкі называюцца *вывадкавымі*.

Пупышкі адрозніваюцца па велічыні, форме і іншых прыкметах. Напрыклад, у бярозы яны дробныя, у бузіны, каштана – буйныя, брызгліны – яйцападобныя, у каліны – прадаўгаватыя. Афарбоўка лускавінак іх таксама розная. У відаў бузіны пупышкі зеленавата-фіялетавыя, у глогу – чырванаватыя, у вяза – светла-бурыя і г. д.

У сезонным клімаце ўмеранай зоны раскрыванне парасткаў з пупышак у большасці раслін мае перыядычны характар. У кустоў і дрэў, а таксама ў большасці многагадовых траў пупышкі ўтвараюць парасткі адзін раз у год – вясной або ў пачатку лета, пасля чаго фарміруюцца новыя зімуючыя пупышкі з зачаткамі парасткаў наступнага года. Парасткі, што вырастаюць з пупышак за адзін вегетацыйны перыяд раз у год, называюцца *гадавымі*.

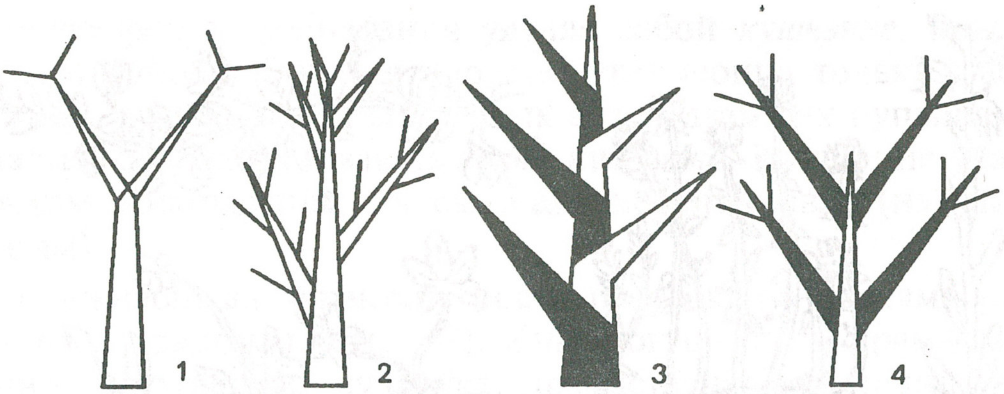
Нарастанне парасткаў у даўжыню ажыццяўляецца за кошт верхавінкавых пупышак, а ўтварэнне бакавых парасткаў адбываецца з пазушных і прыдаткавых пупышак, што ў канчатковым выніку ўтварае сістэму парасткаў і вызначае знешні выгляд надземнай часткі расліны, г. зн. яе габітус.

Калі парастак расце неакрэслена доўга за кошт адной і той жа верхавінкавай мерыстэмы, такое нарастанне называецца *монападыяльным*.

Аднак у многіх раслін верхавінкавая ўтваральная тканка функцыянуе абмежаваны час, звычайна на працягу аднаго вегетацыйнага перыяду. У такіх выпадках у наступным сезоне рост парастка працягваецца з бліжэйшай бакавой пупышкі. Такое нарастанне называюць *сімпадыяльным*.

Парасткі бываюць неразгалінаваныя (простыя) і разгалінаваныя. Галінаванне можа быць верхавінкавым і бакавым (рыс. 46).

Пры верхавінкавым галінаванні конус нарастання, які ўяўляе сабой адну клетку, дзеліцца на дзве, з кожнай з іх фарміруецца парастак і ў выніку ўтвараецца вілка. Таму такі тып галінавання называецца *вільчатым* або *дыхатамічным*. Конусы нарастання такіх парасткаў праз некаторы час таксама падзяляюцца і ўтвараюць новыя парасткі аналагічнай будовы. Дыхатамічнае галінаванне ўласціва некаторым водарасцям і дзярэзам.



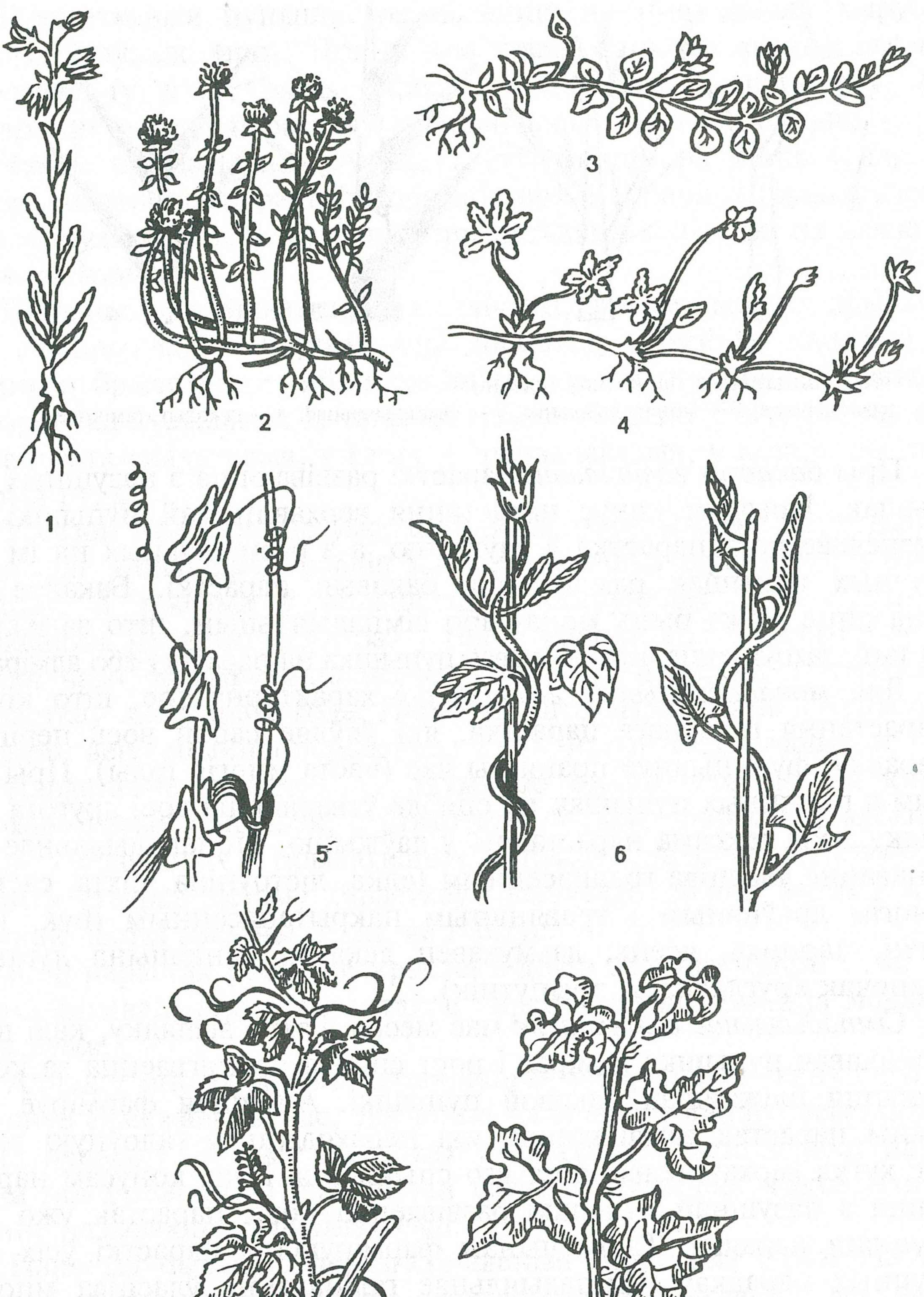
Рыс. 46. Галінаванне парасткаў (схема):
1 — дыхатамічнае; *2* — монападыяльнае; *3* — сімпадыяльнае; *4* — ілжэдыхатамічнае

Пры *бакавым галінаванні* парасткі развіваюцца з пазушных пупышак. Прычым конус нарастання верхавінкавай пупышкі забяспечвае рост парастка ў даўжыню, а з размешчаных на ім пазушных пупышак развіваюцца бакавыя парасткі. Бакавое галінаванне можа быць мона- або сімпадыяльным, што залежыць ад таго, захоўваецца верхавінкавая пупышка на парастку або адмірае.

Для *монападыяльнага галінавання* характэрна тое, што конус нарастання галоўнага парастка, які ўяўляе сабой вось першага парадку, функцыянуе працяглы час (часта многія гады). Пры гэтым з пазушных пупышак на сцябле ўтвараюцца восі другога парадку, якія таксама нарастаюць у даўжыню. Монападыяльнае галінаванне ўласціва голанасенным (елка, лістоўніца, піхта, сасна), многім драўняным і травяністым пакрытанасенным (бук, дуб, клён, чаромха, ясень, дзьмухавец лекавы, канюшына лугавая, званочак круглалісны, трыпутнік).

Сімпадыяльнае галінаванне мае месца ў тым выпадку, калі верхавінкавая пупышка адмірае і рост сцябла працягваецца за кошт развіцця бліжэйшай бакавой пупышкі. Апошняя фарміруе так званы парастак замяшчэння, які пераходзіць у галоўную вось, але хутка верхавінкавы рост яго спыняецца і над конусам нарастання з пазушнай пупышкі развіваецца новы парастак ужо наступнага парадку. Такім чынам фарміруюцца парасткі ўсіх наступных парадкаў. Сімпадыяльнае галінаванне ўласціва многім дрэвам (таполя, вярба, бяроза і інш.).

Прыватным выпадкам сімпадыяльнага галінавання з'яўляецца так званае *ілжэдыхатамічнае галінаванне*. Яно назіраецца ў бэзу, бузіны, дурнап'яну і шэрага іншых раслін пасля адмірання верхавінкавай пупышкі або ўтварэння з яе кветкі, калі сцябло пачынае расці за кошт развіцця дзвюх супраціўных бакавых пупышак. Пры гэтым парастак галінуецца вільчата, як пры дыхатамічным галінаванні.



Рыс. 47. Размяшчэнне парасткаў у прасторы:
1 — прамастаячы (у званочка персікалістага); *2* — узыходны (у чабару звычайнага); *3* — ляжачы (у лазаніцы манетчатай); *4* — паўзучы (у дуброўкі сцелючайся); *5* — учэпісты (у чыны прылісніკалістай); *6* — самазавіўны (у хмелю павойнага і бярозкі палявой); *7* — лазячы (у вінаграду культурнага і плюшчу звычайнага)

Асобую форму галінавання ўяўляе сабой *кушчэнне*, пры якім найбольш буйныя бакавыя парасткі ўтвараюцца толькі ў аснове парасткаў, звычайна з прыглебавых або падземных пупышак. Гэты ўчастак сцябла называюць *зонай кушчэння*. Кушчэнне ўласціва кусточкам, мнагалетнім, а часам і аднагалетнім травам (напрыклад, злакавым).

У залежнасці ад характару росту парасткі па-рознаму размяшчаюцца ў прасторы (рыс. 47). Яны могуць быць прамастаячыя (асліннік двухгадовы, дуброўка прамастаячая, святаяннік прадзіраўлены); узыходныя, або прыпадымальныя (канюшына лугавая, шабельнік балотны); ляжачыя, або сцелістыя (драсён птушыны); паўзучыя – яны не толькі сцелюцца, але і ўкараняюцца прыдатковымі каранямі; калі пры гэтым міжвузеллі выцягваюцца, іх называюць плецямі або сталонамі, а ў садоўніцтве – вусамі (у суніц, некаторых відаў дуброўкі); учэпістыя – прымацоўваюцца да апоры з дапамогай вусікаў (у вінаграду, гароху); вітковыя – тонкія, слабыя, абвіваюць апору па спіралі (бярозка палявая, хмель звычайны, фасоля); лазячыя – уздымаюцца па апоры і ўтрымліваюцца з дапамогай прыдатковых каранёў або шыпоў (плюшч, некаторыя віды вінаграду, ажына).

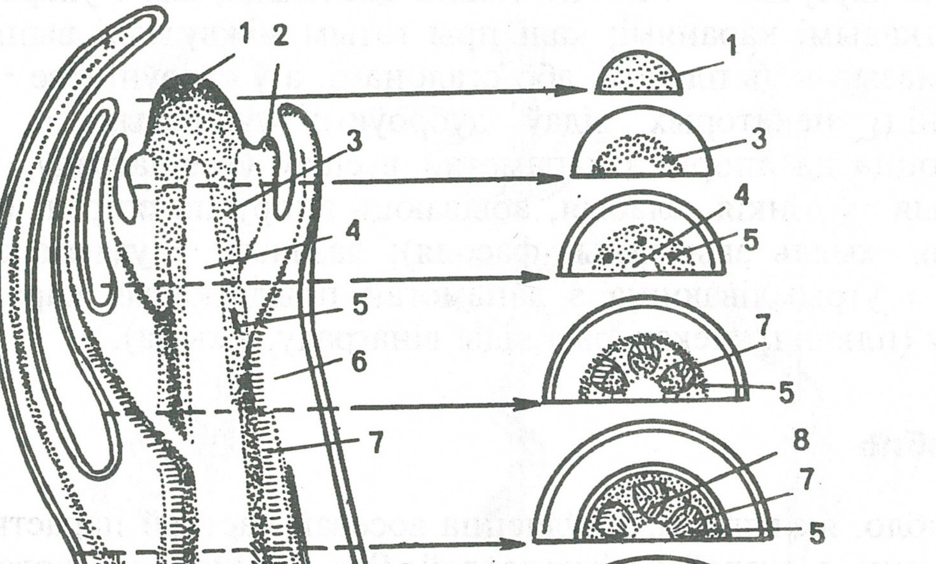
Сцябло

Сцябло, як вядома, з'яўляецца восевай часткай парастка, якая складаецца з вузлоў і міжвузелляў. Яго ўнутраная будова акрэсліваецца выконваемымі функцыямі. Па сцябле вада і раствораныя ў ёй мінеральныя рэчывы з каранёвай сістэмы перамяшчаюцца ў лісце, а арганічныя – з лісця ў карані і іншыя органы расліны. Сцябло выконвае таксама апорную і механічную функцыі. Акрамя таго, у ім адбываецца назапашванне пажыўных рэчываў, неабходных для росту; часам сцябло з'яўляецца асіміляцыйным органам (напрыклад, у некаторых сукулентаў). У сувязі з гэтым у сцябле добра развітыя правадныя і механічныя тканкі, а таксама могуць быць асіміляцыйная, запасальная, выдзяляльная і інш. Усе яны надзейна абароненыя ад знешніх уздзеянняў покрыўнымі тканкамі (эпідэрмісам, перыдэрмай або коркай), якія, апрача ахоўнай функцыі, ажыццяўляюць таксама газаабмен і транспірацыю.

У сцябле адрозніваюць структуры першаснага і другаснага паходжання, якія называюцца адпаведна першаснымі і другаснымі.

Першасная структура фарміруецца ў конусе нарастання. Клетачныя падзелы ў апексе ў пэўнай перыядычнасці чаргуюцца з падзелам клетак у ліставых бугарках (прымордыях ліста), што

прыводзіць да ўтварэння сцябла і лісця, г. зн. да фарміравання вузлоў і міжвузелляў. У растучым міжвузеллі паблізу ад апекса сярод парэнхімных клетак дыферэнцыруюцца пучкі пракамбію, які ўтварае водаправодныя элементы першаснай ксілемы, некалькі пазней узнікаюць правадныя элементы флаэмы. Пачатак росту ліста суправаджаецца адасабленнем у яго асновы ўчасткаў пракамбію. Такім чынам, у выніку падзелу клетак пракамбію сярод адносна аднародных клетак сцябла адасабляюцца дзве правадныя тканкі — ксілема і флаэма, аб'яднаныя ў правадныя пучкі (рыс. 48). Сутокі правадных пучкоў ліста і сцябла адбываюцца крыху ніжэй вузла сцябла.



Рыс. 48. Дыферэнцыяцыя першаснай і другаснай структуры сцябла (схема): *1* — апікальная мерыстэма; *2* — ліставы прымордый; *3* — мерыстэматычны цыліндр; *4* — асяродак; *5* — пракамбій; *6* — першасная кара; *7* — першасная флаэма; *8* — першасная ксілема; *9* — камбій; *10* — эпідэрма; *11* — перыцыкл; *12* — эндадэрма; *13* — другасная флаэма; *14* — другасная ксілема; *15* — парэнхіма першаснай кары; *16* — каленхіма

Структура сцябла мяняецца ў антагенезе расліны (гл. рыс. 48). Камбій, што забяспечвае другасную будову сцябла, узнікае з астаткаў пракамбію, не дыферэнцыраваных у правадныя тканкі. Падзелы яго клетак, іх дыферэнцыяцыя вядуць да ўтварэння другаснай праваднай сістэмы.

Пучковы тып будовы сцябла характарызуецца тым, што правадныя тканкі фарміруюцца ў выглядзе вертыкальных цяжоў, якія цягнуцца ўздоўж восі сцябла, адносна адасоблена сярод масы асноўнай тканкі. Адрозніваюць тры тыпы будовы правадных пучкоў: калатэральны, бікалатэральны і канцэнтрычны.

У *калатэральных пучках* флаэма размяшчаецца па адзін бок ад ксілемы. Такі тып будовы характэрны для многіх відаў голанасенных і пакрытанасенных раслін на першых этапах антагенезу. Флаэма ў такіх пучках размяшчаецца бліжэй да перыферыі сцябла, а ксілема – бліжэй да цэнтра сцябла.

У *бікалатэральных пучках* флаэма знаходзіцца па абодва бакі ад ксілемы. Прысутнасць унутранай флаэмы характэрная для сцёблаў раслін сямей гарбузовых і паслёнавых. Унутраная флаэма такога пучка ўзнікае таксама, як і знешняя, у выніку дыферэнцыяцыі пракамбію. Калі расліна здольная да другаснага росту, камбій дыферэнцыруецца толькі паміж знешнім участкам флаэмы і ксілемы.

Канцэнтрычныя пучкі бываюць двух тыпаў. У адных пучках кольцы флаэмы абкружаюць ксілему (напрыклад, у папарацепадобных). Такія пучкі называюцца *амфікрыбральнымі*. У другіх тыпах пучкоў ксілема абкружае флаэму і такія пучкі называюцца *амфівазальнымі* (напрыклад, у ландыша майскага і другіх раслін сям'і лілейных).

Пры фарміраванні першаснай структуры сцябла з вонкавага пласта конуса нарастання ўтвараецца покрыўная тканка першаснага паходжання – *эпідэрміс*. Паміж эпідэрмісам і першаснымі праваднымі тканкамі застаецца пласт слабадыферэнцыраваных клетак, у асноўным парэнхімных, якія звонку ад пракамбію ўтвараюць першасную кару, а ў сярэдзіне – асяродак. Тканкі сцябла з першаснай будовай, як і кораня, дзеляцца на першасную кару, якая пакрыта эпідэрмісам, і цэнтральны цыліндр.

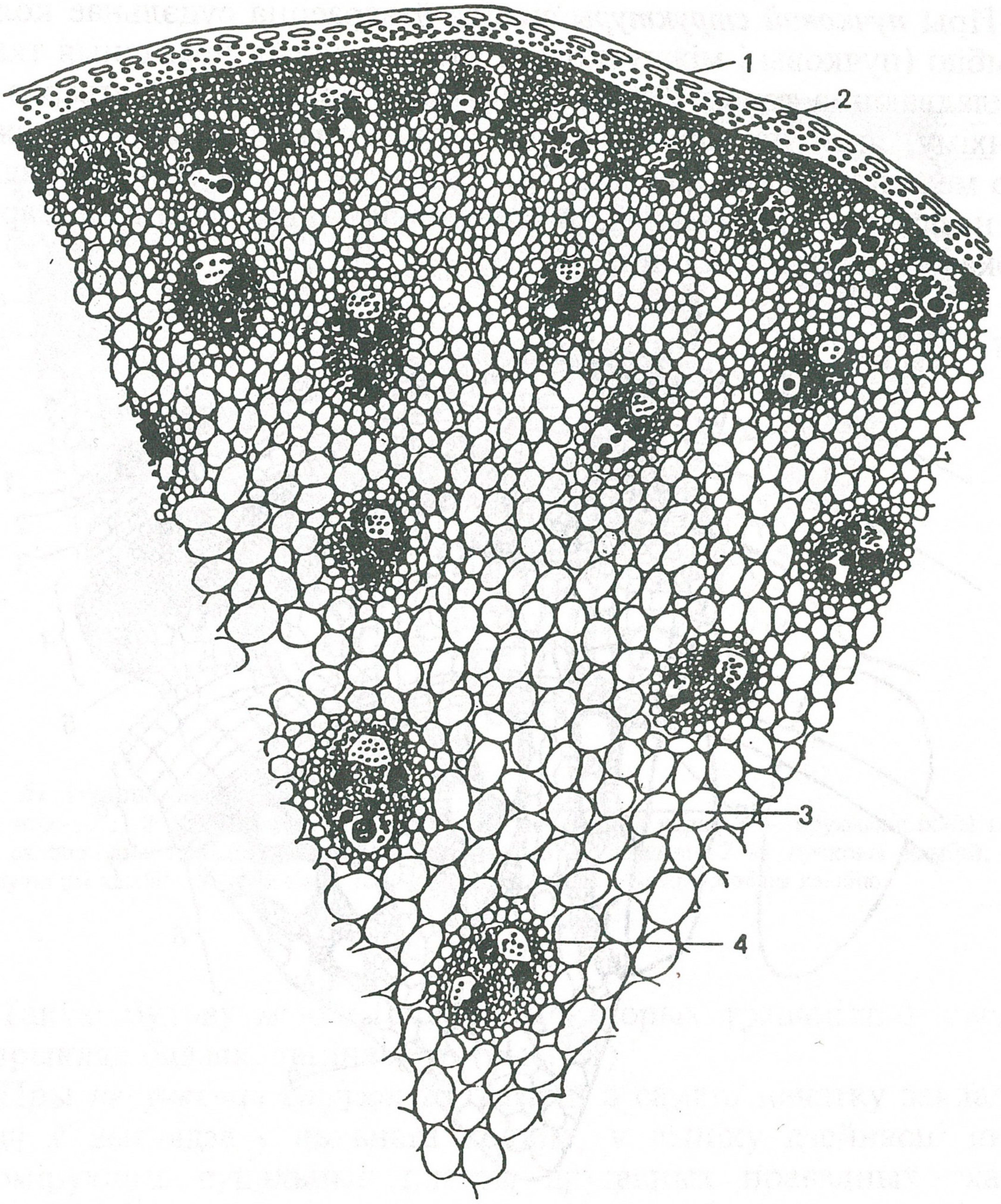
Першасная кара складаецца або толькі з парэнхімы, або з парэнхімы і механічнай тканкі (як правіла, каленхімы ў двухдольных, склерэнхімы ў аднадольных). У парэнхімных клетках перыферычных пластоў першаснай кары могуць адбывацца працэсы фотасінтэзу. Унутраны аднарадны пласт першаснай кары ўтварае крухмаланосную похву.

Вонкавы пласт цэнтральнага цыліндра двухдольных травяністых раслін называюць *перыцыклам.* Ён складаецца з аднаго або некалькіх радоў парэнхімных клетак, якія пазней дыферэнцыруюцца ў элементы пастаянных тканак – парэнхіму ці склерэнхіму або ўтвараюць таксама прыдаткавыя карані і пупышкі. Часам перыцыкл разам з парэнхімай утрымлівае і склерэнхіму. Унутр ад перыцыкла залягаюць правадныя тканкі, якія ўзніклі з пракамбію. У цэнтры размяшчаецца асяродак. Ён складаецца з буйнаклетачнай парэнхімы, у якой могуць назапашвацца пажыўныя рэчывы.

Структурныя асаблівасці першаснай будовы сцябла залежаць ад спосабу залажэння пракамбію. У голанасенных і двухдольных пакрытанасенных пракамбій закладваецца двума спосабамі. Пры першым утвараюцца асобныя цяжы пракамбію, якія размяшчаюцца строга па акружнасці. У такім выпадку першасныя правадныя тканкі таксама размяшчаюцца асобнымі пучкамі па акружнасці і адмяжоўваюцца ўчасткамі парэнхімы, якія ўтвараюць першасныя стрыжнёвыя прамяні.

Пры другім спосабе пракамбій закладваецца цыліндрам і правадныя тканкі першаснай структуры таксама размяшчаюцца па акружнасці. У аднадольных цяжы пракамбію і правадныя пучкі дыферэнцыруюцца з пракамбію, размяшчаюцца адвольна па ўсёй тоўшчы цэнтральнага цыліндра, уключаючы і стрыжань (рыс. 49).

Другасныя структуры сцябла з’яўляюцца вытворнымі камбію, і таму яны характэрны толькі для голанасенных і двухдольных пакрытанасенных раслін. Камбій, што ўзнікае ў правадным пучку з рэшткавага пласта пракамбію, называецца *пучковым камбіем.* Аднаўленне мерыстэматычнай актыўнасці ў парэнхімных клетках паміж пучкамі вядзе да ўзнікнення міжпучковага камбію. І пучковы, і міжпучковы камбій пасля ўзнікнення пачынае адкладваць у цэнтрабежным накірунку новыя элементы другаснай кары, якая складаецца з другаснай флаэмы і парэнхімных элементаў стрыжнёвых прамянёў, а ў цэнтраімклівым – другасную ксілему. Трэба адзначыць, што элементаў другаснай ксілемы адкладваецца намнога больш, чым элементаў другаснай кары. У выніку дзейнасці камбію сцябло разрастаецца ў таўшчыню. Пры пераходзе да другаснай структуры першасная кара працягвае функцыянаваць і адмірае не так хутка, як у кораня. Такім чынам, пры другаснай будове сцябло складаецца з эпідэрмісу або корку, першаснай і другаснай кары, камбію, другаснай і першаснай драўніны і асяродка.



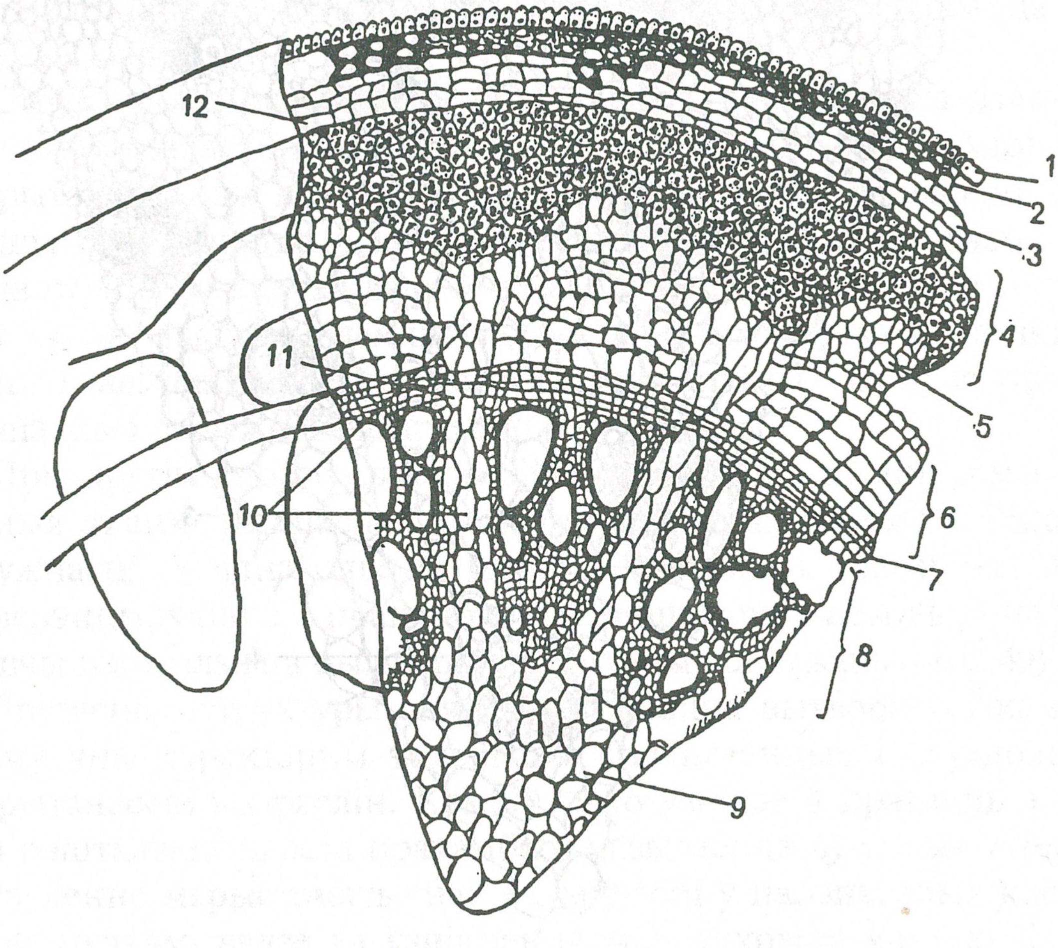
Рыс. 49. Будова сцябла кукурузы:
1 — эпідэрміс; *2* — склерэнхіма; *3* — асноўная парэнхіма; *4* — правадныя пучкі

Асяродак і першасная ксілема (драўніна) у выніку другаснага росту сцябла, калі застаюцца ў цэнтры, змяняюцца мала. Першасная флаэма, а таксама першасная кара пад уплывам ціску другасных правадных тканак паступова разбураюцца, страчваюцца, замяняюцца другаснай покрыўнай тканкай – *перыдэрмай*.

Разнастайнасць другаснай структуры сцябла абумоўлена розніцай зыходнай першаснай структуры, асаблівасцю дзейнасці пракамбію і камбію.

Часцей за ўсё сустракаюцца наступныя тыпы другаснай будовы сцябла: пучковы, пераходны і непучковы.

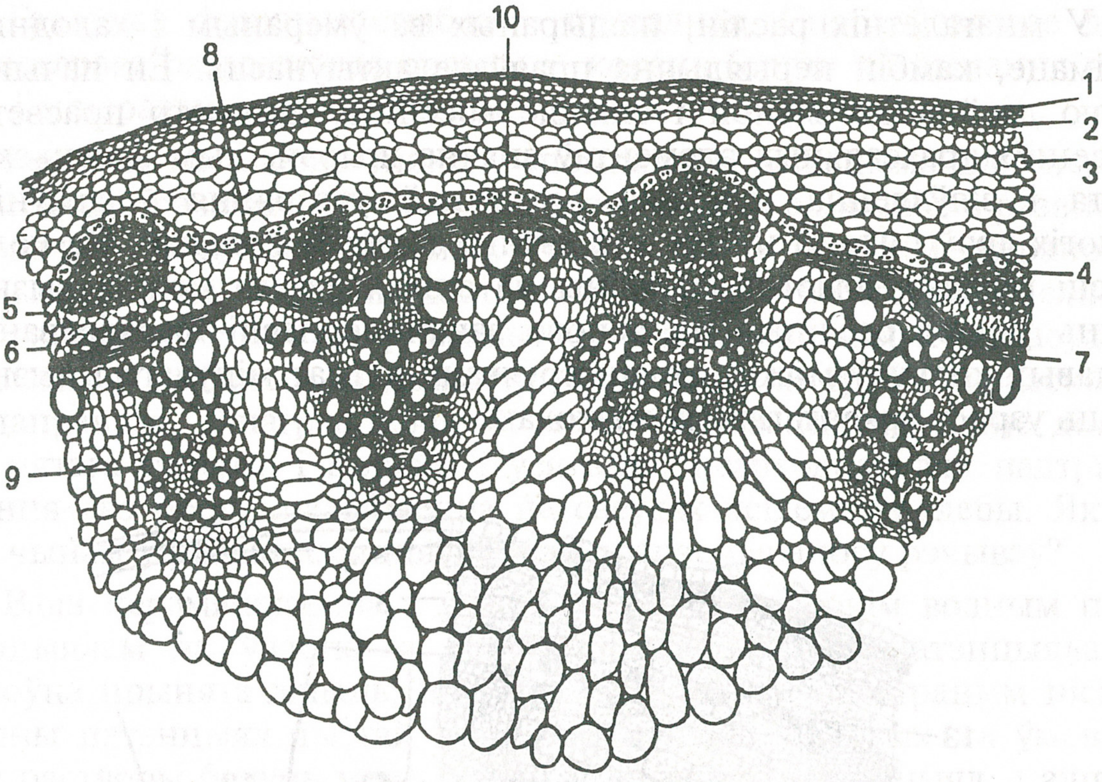
Пры *пучковай структуры* сцябла ўтвараецца суцэльнае кольца камбію (пучковы і міжпучковы), але другасныя правадныя тканкі адкладваюцца толькі ў пучках, а міжпучковы камбій утварае парэнхіму, якая не адрозніваецца ад парэнхімы кары і стрыжня, або механічныя тканкі (рыс. 50). Гэтая другасная структура сцябла назіраецца, напрыклад, у такіх травяністых раслін, як гарбуз, кірказон, падтыннік і інш.



Рыс. 50. Будова сцябла кірказону звычайнага:

1 — эпідэрміс; *2* — каленхіма; *3* — парэнхіма першаснай кары; *4* — склерэнхіма; *5* — парэнхіма перыцыкла; *6* — флаэма; *7* — камбій; *8* — ксілема; *9* — стрыжань; *10* — стрыжнёвы прамень; *11* — міжпучковы камбій; *12* — эндадэрма

Пры *пераходным тыпе* пракамбій закладваецца асобнымі цяжамі, першасная будова пучковая. Камбій утвараецца з пракамбію (пучковы) і парэнхімы стрыжнёвых прамянёў. Пучковы камбій дыферэнцыруецца ў элементы другаснай ксілемы і флаэмы. Праз некаторы час пачынае функцыянаваць міжпучковы камбій, які таксама адкладвае другасную ксілему і флаэму, у выніку чаго ўтвараюцца новыя пучкі. Пастунова і тыя, і другія пучкі разрастаюцца і зліваюцца, у выніку чаго ў больш старой частцы сцябла ўтвараюцца суцэльныя пласты драўніны і лубу.



Рыс. 51. Будова сцёбла сланечніку:
1 — эпідэрміс; *2* — каленхіма; *3* — парэнхіма першаснай кары; *4* — крухмаланосны пласт; *5* — склерэнхіма перыцыклічнага паходжання; *6* — флаэма; *7* — пучковы камбій; *8* — міжпучковы камбій; *9* — ксілема; *10* — правадны пучок з межпучковага камбію

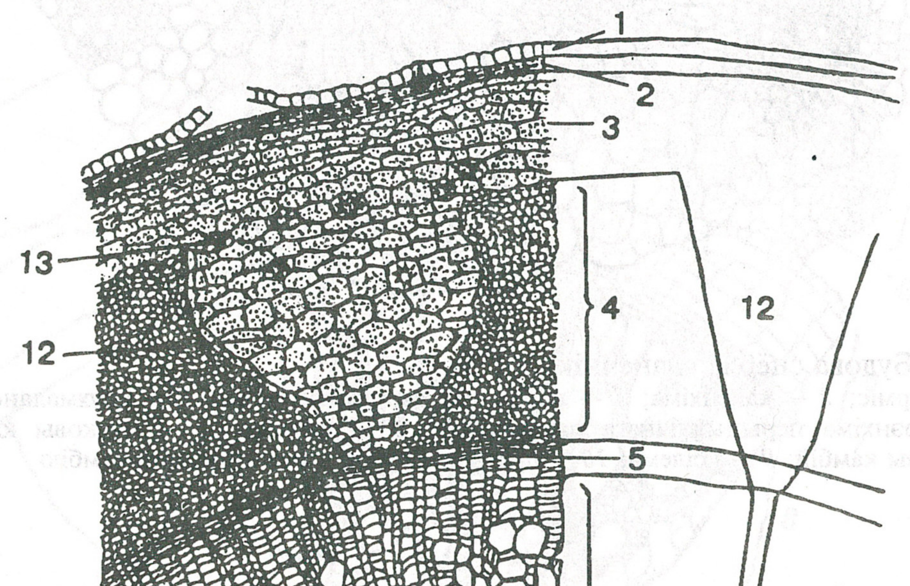
Такую будову маюць сцёблы некаторых травяністых раслін, напрыклад бадзяк, тапінамбур (рыс. 51).

Пры *непучковай структуры* камбій з самага пачатку закладваецца ў выглядзе суцэльнага кольца, у выніку дзейнасці якога фарміруюцца суцэльныя пласты другасных правадных тканак (рыс. 52). Такі тып другаснай структуры сцябла ўласцівы драўняным раслінам (хваёвым і ліставым), а таксама некаторым травяністым (маруна, лён і інш.).

Тапаграфічна ў сцябле мнагалетняй драўнянай або кустовай расліны можна вылучыць тры асноўныя часткі: кару, драўніну і стрыжань. Мяжа кары і драўніны пралягае па камбію. Кара мнагалетняга сцябла драўнянай расліны ўключае рэшткі эпідэрмісу (у тых выпадках, калі ён захоўваецца), увесь комплекс перыдэрмы, рэшткі першаснай кары і ўсю масу флаэмы (першаснай і другаснай). Акрамя правадных элементаў, што складаюць так званы *мяккі луб,* у флаэме даволі часта прысутнічаюць элементы механічнай тканкі – *цвёрды луб.*

Камбіяльная зона ўтрымлівае некалькі радоў клетак. Унутр ад яе фарміруецца ксілема (драўніна).

У мнагалетніх раслін, пашыраных ва ўмераным і халодным клімаце, камбій перыядычна праяўляе актыўнасць. Ён пачынае сваю дзейнасць вясной і спыняе восенню. Дыяметр прасветаў вясенніх трахеальных элементаў значна шырэй, чым восеньскіх. Гэта і з'яўляецца галоўнай прычынай утварэння ў драўніне многіх дрэў і часткі кустоў так званых гадавых кольцаў. Па колькасці гадавых пластоў драўніны на спілах ствала можна вызначыць узрост расліны. На аснове заканамернасці фарміравання гадавых кольцаў можна рэканструяваць клімат мінулага і вызначыць узрост археалагічных знаходак.



Рыс. 52. Будова трохгадовай галіны ліпы:
1 — эпідэрміс; *2* — перыдэрма; *3* — першасная кара; *4* — луб; *5* — камбій; *6* — тры гадавыя пласты драўніны; *7* — мяжа паміж гадавымі кольцамі; *8* — буйныя сасуды; *9* — першасная драўніна; *10* — стрыжань; *11, 12* — адпаведна другасны і першасны стрыжнёвыя прамяні; *13* — друзы

Галоўная функцыя сцябла – праводная. Сцябло звязвае два прасторава раздзеленыя органы – корань (орган паглынання вады і мінеральных рэчываў) і ліст (орган фотасінтэзу).

Расліны не маюць ніякага «помпавага» механізма для перамяшчэння рэчываў, што істотна адрознівае іх ад жывёл з развітай сардэчна-сасудзістай сістэмай. Тым не менш праблема пераносу рэчываў стаіць у раслін дастаткова востра. Некаторыя расліны дасягаюць 120–150 м у вышыню, і агульны дыяметр сасудаў ксілемы ў іх больш за дыяметр магістральнай трубы гарадскога водаправода. Вінаград дзявочы можа падымацца па сцяне дома да пятага паверха і вышэй, і ўся вада, неабходная для падтрымання яго росту, падымаецца па сасудах ксілемы з глебы. Якім жа чынам у раслін ажыццяўляецца працэс пераносу рэчываў?

Вада перамяшчаецца з участка з больш высокім водным патэнцыялам да ўчастка з больш нізкім водным патэнцыялам. Умоўна прынята лічыць, што пры звычайным паветраным ціску водны патэнцыял чыстай вады роўны нулю. У гэтых жа ўмовах усе растворы будуць мець больш нізкі водны патэнцыял, і адпаведна велічыня воднага патэнцыялу будзе адмоўнай. Паняцце «осмас» можна вызначыць як перамяшчэнне малекул вады праз паўпранікальную мембрану, накіраванае з вобласці з больш высокім водным патэнцыялам у вобласць з больш нізкім водным патэнцыялам. Калі кантактуюць дзве сістэмы з розным водным патэнцыялам (напрыклад, клетка, акружаная чыстай вадой), вада паступае ў клетку, г. зн. у сістэму з больш нізкім водным патэнцыялам.

Сухому паветру ўласцівы вельмі нізкі водны патэнцыял, глебе – высокі. Расліны валодаюць сярэднім водным патэнцыялам і займаюць сярэдняе становішча ў градыенце воднага патэнцыялу, і вада праходзіць праз расліны з глебы да паветра, г. зн. у расліне слуп вады рухаецца ўверх. Разрыву вадзянога слупа ў каранях, сцёблах і лістах перашкаджае сіла счаплення паміж малекуламі вады. Вада з глебы праходзіць праз кару кораня ў ксілему, падымаецца па ёй да лісця і выпарваецца з паверхні клетак мезафілу (гл. «Ліст»), а потым дыфундзіруе вонкі праз вусцейкі. Гэты працэс называецца *транспірацыяй*. З вонкавых клетак эпідэрмісу лісця і сцёблаў вада выпарваецца праз кутыкулу – васковы налёт, які пакрывае эпідэрміс лісця і зялёных сцёблаў. У лістападных раслін пасля скідвання лісця выпарванне можа адбывацца праз сачыўкі.

Страта вады раслінай пры транспірацыі можа быць вельмі вялікай. Травяністыя расліны (напрыклад, сланечнік) штодзень страчваюць 1–2 л вады, а стары дуб – больш за 60 л. З лісця яб-

лыні штодзень выпарваецца да 100 л вады; за сезон гэтая велічыня дасягае 18 000 л, прычым у гэтую колькасць не ўваходзіць вада, якая выкарыстоўваецца на фотасінтэз (на ўтварэнне 1 г сухога рэчыва расліны выкарыстоўваецца ад 200 да 1000 г вады, што складае 0,5–1,0 % усёй вады, якая праходзіць праз расліну).

Транспірацыя павялічваецца пры зніжэнні вільготнасці паветра, павышэнні тэмпературы і ветраным надвор'і.

Для пераходу вады з воднага стану у парападобнае патрэбна дадатковая энергія. Яе дае сонца. Менавіта сонечная энергія забяспечвае агульную плынь вады праз расліну.

Разам з плыннню вады перамяшчаюцца і раствораныя ў вадзе розныя солі, а таксама некаторыя арганічныя злучэнні азоту і гармоны. Галоўным спажыўцом мінеральных рэчываў, г. зн. месцам іх выкарыстання, з'яўляюцца часткі раслін, што растуць — верхавінкавыя і пазушныя мерыстэмы, маладое лісце, кветкі, плады і запасальныя органы.

Па флаэме сцябла перамяшчаюцца растворы арганічных рэчываў, перш-наперш прадукты фотасінтэзу. Неабходна адзначыць, што арганічныя рэчывы на флаэме транспартуюцца як уніз, так і ўверх, г. зн. у двух напрамках. Гэта адрознівае флаэму ад ксілемы, па якой рэчывы перамяшчаюцца толькі ўверх.

Акрамя арганічных рэчываў, па флаэме ў рознай форме пераносяцца і некаторыя мінеральныя элементы, напрыклад азот і сера ў форме амінакіслот, фосфар у форме фасфарыляваных цукраў і іёнаў неарганічнага фасфату, калій — у выглядзе іёнаў. Са струменем рэчываў на флаэме ў невялікай колькасці перамяшчаюцца вітаміны, роставыя рэчывы (аўксіны, гіберэліны і інш.), вірусы, хімічныя рэчывы, якія трапляюць у расліну праз вусцейкі лісця з паветра.

Ліст

Ліст — бакавая частка парастка. Эвалюцыйна ліст паходзіць, як лічыцца, ад бакавых галінак тэломаў архаічных раслін у выніку іх уплашчэння, скарачэння і наступнага пераўтварэння ў адзінае цэлае. Пры гэтым была страчана здольнасць да працяглага вярхушачнага нарастання і разгалінавання. Толькі ў папарацей лісты (вайі) захоўваюць пэўную здольнасць да больш працяглага, чым у іншых раслін, росту ў даўжыню. Гэта звязана, верагодна, з тым, што лісты папарацей узніклі ў выніку ўплашчэння цэлай сістэмы тэломаў.

Ліст звычайна выконвае функцыі фотасінтэзу, транспірацыі і газаабмену з паветраным асяроддзем. Пры фотасінтэзе клеткі

ліста «пераводзяць» сонечную энергію ў патэнцыяльную, скрытую энергію драўніны, пладоў і насення. Дзякуючы транспірацыі адбываецца ахаладжэнне паверхні расліны на 5–7 °С у параўнанні з навакольным паветрам.

Закладваецца ліст у конусе нарастання экзагенна ў выглядзе бугарка (прымордыя). Апошні ўжо на ранніх стадыях развіцця ліста дыферэнцыруецца на верхнюю і ніжнюю часткі. Па баках ніжняй часткі ў некаторых выпадках фарміруюцца парныя прылісткі, якія на ранніх стадыях развіцця ліста растуць хутчэй, чым ліставая пласцінка, і прыкрываюць яе. Калі ліст дасягае поўнага развіцця, прылісткі часцей за ўсё ападаюць (асіна, бяроза, дуб, ліпа, чаромха, яблыня); у некаторых відаў раслін яны захоўваюцца на працягу ўсяго жыцця ліста і выконваюць функцыю фотасінтэзу (гарох, чына) або ахоўную функцыю (белая акацыя).

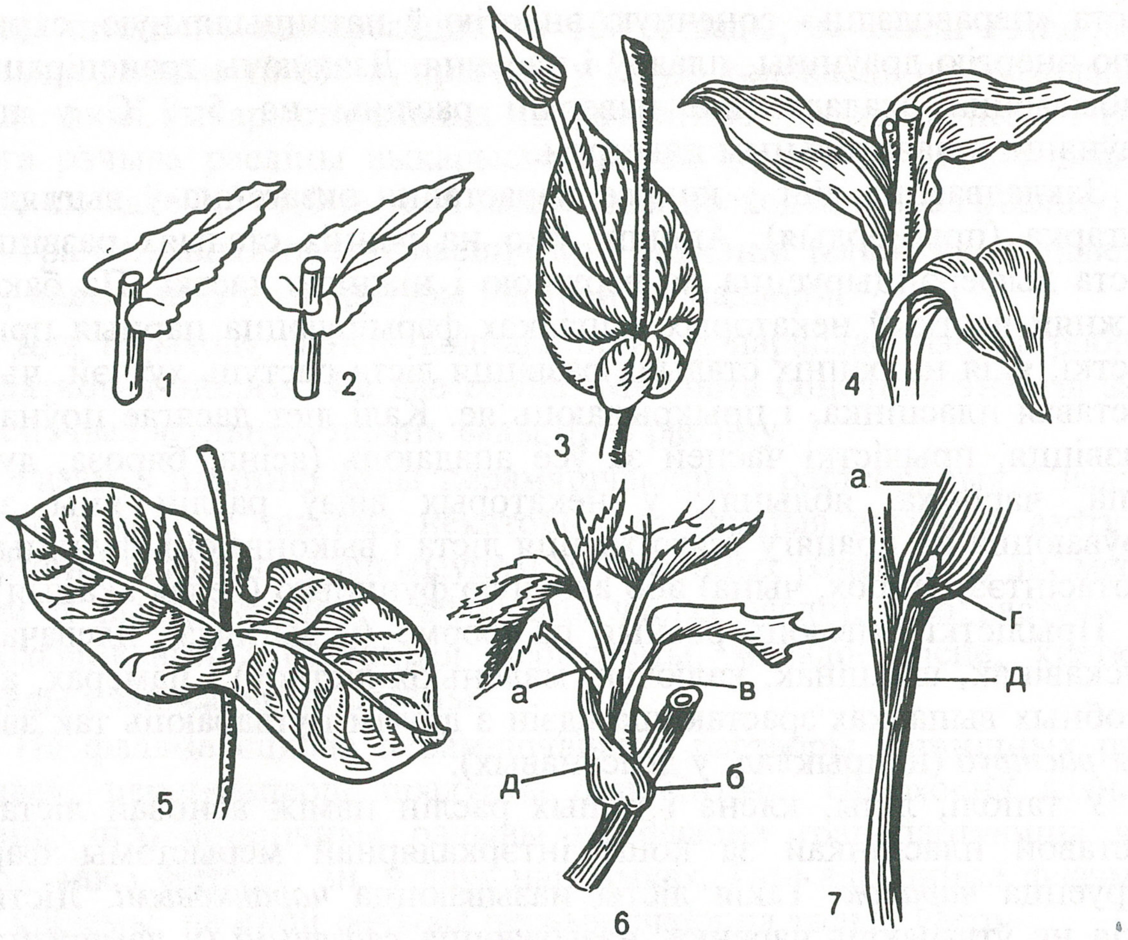
Прылісткі бываюць розныя па форме (у выглядзе плевачак, лускавінак, шчацінак, калючак, маленькіх лісткоў) і памерах, а ў асобных выпадках зрастаюцца адзін з другім і ўтвараюць так званы *раструб* (напрыклад, у драсёнавых).

У тапалі, ліпы, клёна і іншых раслін паміж асновай ліста і ліставой пласцінкай за кошт інтэркалярнай мерыстэмы фарміруецца *чаранок*. Такія лісты называюцца *чаранковымі*. Лісты, якія не ўтвараюць чаранка, называюцца *сядзячымі* (у чамярыцы, васілька лугавога). Яны падзяляюцца на паўсцеблаахопныя, сцеблаахопныя, пранізаныя і нізбягаючыя (рыс. 53).

Аснова ліста часам бывае расшыраная і называецца *похвай* (у жыта, пшаніцы, ячменю, баршчэўніку, сніткі і інш.). У большасці злакаў на мяжы похвы і ліставой пласцінкі існуе маленькая плевачка – *язычок (лігула)*, а краі пласцінкі каля яе асновы часам утвараюць вырасты, якія ахопліваюць сцябло. Яны называюцца *вушкамі*.

Ліставая пласцінка – самая істотная частка ліста. Форма і памеры ліставой пласцінкі, яе верхавіны і асновы ў лістоў розных раслін надзвычай разнастайныя (рыс. 54).

Па форме ліставая пласцінка можа быць *акруглая* – даўжыня і шырыня пласцінкі прыкладна аднолькавыя (асіна, груша звычайная); *эліпсападобная* – даўжыня прыкладна ў 2 разы больш за шырыню (бружмель лясны, крушына ломкая, свідзіна, чаромха звычайная, трыпутнік сярэдні); *прадаўгаватая* – даўжыня перавышае шырыню ў 3–10 разоў (вярба ломкая, лазаніца звычайная, купена лекавая, смалянка белая); *лінейная* – даўжыня перавышае шырыню больш чым у 10 разоў (трысцёг звычайны, купкоўка зборная, цімафееўка лугавая); *ігольчастая* – доўгая і тонкая, цвёрдая і калючая (сасна звычайная, елка, ліст сіўцу стаячага);

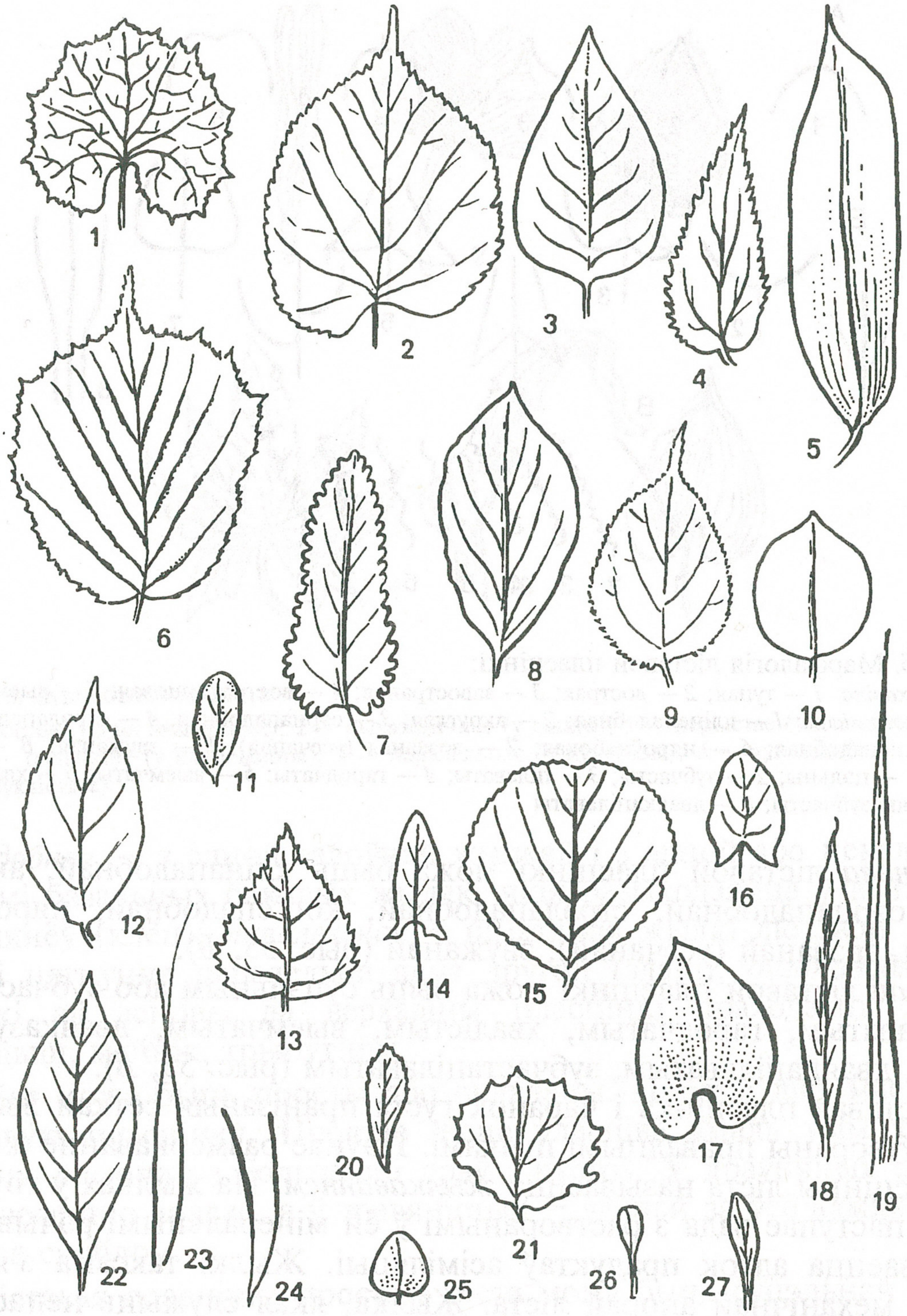


Рыс. 53. Сядзячае лісце:

1 — паўсцеблаахопны ліст (у наперстаўкі пурпуровай); *2* — сцеблаахопны (у капусты палявой); *3* — пранізаны (у валадушкі залацістай); *4* — нізбягаючы (у кукурузы); *5* — супраціўнае лісце са зрослымі асновамі (у бружмелю пахучага); *6, 7* — похвеннае лісце (у парасоністых і злака); *а* — ліст; *б* — аснова ліста; *в* — пазушны парастак; *г* — язычок; *д* — похва

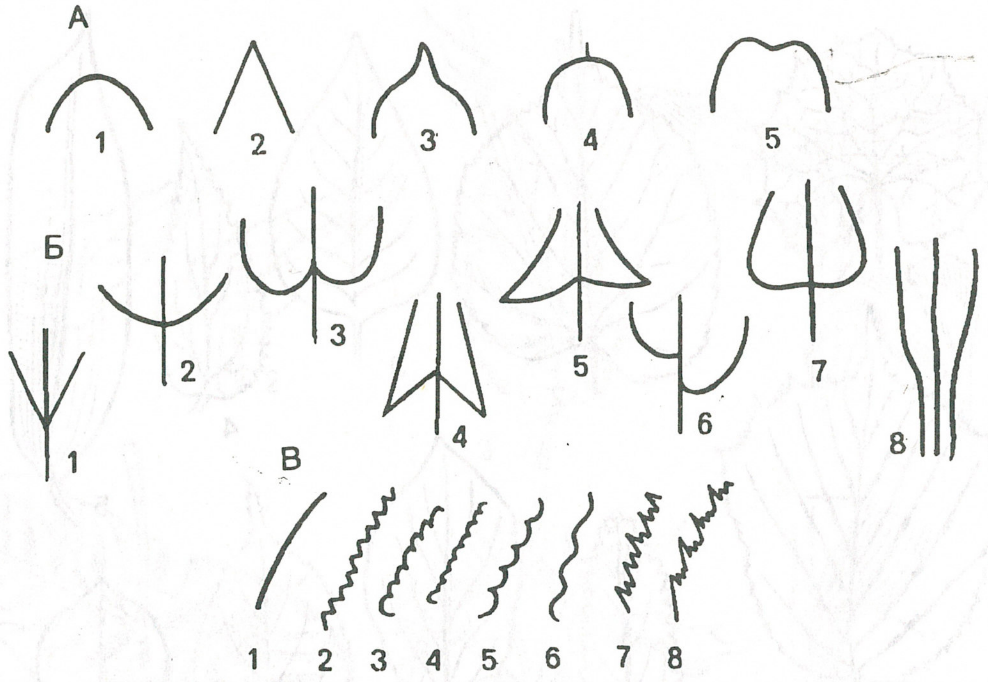
шчацінападобная – у выглядзе шчацінкі (аўсяніца авечая); *яйцападобная* – даўжыня больш за шырыню і самае шырокае месца знаходзіцца ніжэй сярэдзіны ліставой пласцінкі (крапіва двухдомная, майнік двухлісты, скрыпень горны, шалфей лясны); *адваротнаяйцападобная* – самае шырокае месца знаходзіцца вышэй сярэдзіны ліставой пласцінкі (вольха клейкая, ільм, семачок еўрапейскі); *ланцэтная* – аналаг прадаўгаватай, але верхавіна і аснова ў яе не акругленыя, а завостраныя (скрыпень вузкалісты, братаўка лясная, гарліца шэра-зялёная, драсён змяіны, крапінец звычайны, незабудка балотная); *рамбічная* – форма пласцінкі блізкая да ромба (бяроза барадаўчатая); *трохвугольная* (ясакар): *ныркападобная* (падалешнік еўрапейскі), таксама *сэрцападобная* (ліпа драбналістая, падбел звычайны); *стрэлападобная* (стрэлкаліст звычайны); *коп'епадобная* (бярозка палявая).

Пры апісанні пласцінкі ліста, акрамя формы, мае значэнне характарыстыка яе верхавіны, асновы і краю.



Рыс. 54. Разнастайнасць формаў ліставой пласцінкі:
1 — падбел; *2* — ліпа драбналістая; *3* — бэз; *4* — крапіва двухдомная; *5* —ландыш майскі; *6* — ляшчына звычайная; *7* — буквіца лекавая; *8* — бружмель лясны; *9* — гартэнзія мяцельчатая; *10* — груша дзікая; *11* — брусніцы; *12* — язмін танкалісты; *13* — бяроза барадаўчатая; *14* — драсён павойны; *15* — вольха клейкая; *16* — бярозка палявая; *17* — майнік двухлісты; *18* — вярба ломкая; *19* — жыта; *20* — парушэнец парасоністы; *21* — асіна; *22* — вярба попельная; *23* — мурожніца авечая; *24* — хвоя звычайная; *25* — чарніцы; *26* — агаткі двухдомныя; *27* — ястрабок валасісты

Верхавіна ліставой пласцінкі бывае тупой, завостранай, вострай, выемчатай, усечанай (рыс. 55, *А*).



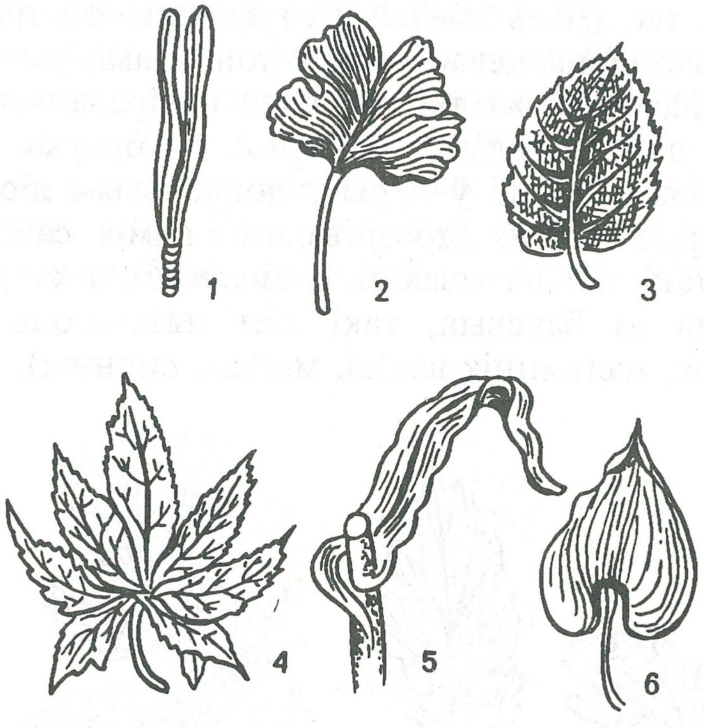
Рыс. 55. Марфалогія ліставой пласцінкі:
А — верхавіна: *1* — тупая; *2* — вострая; *3* — завостраная; *4* — востраканцовая; *5* — выемчатая; *Б — аснова ліста*: *1* — клінападобная; *2* — акруглая; *3* — сэрцападобная; *4* — стрэлападобная; *5* — коп'епадобная; *6* — няроўнабокая; *7* — зрэзаная (усечаная); *8* — звужаная; *В — край ліста: 1* — цэльны; *2* — зубчасты; *3* — пілаваты; *4* — гародчаты; *5* — выемчаты; *6* — хвалісты; *7* — дваяказубчасты; *8* — дваякапілаваты

Аснова ліставой пласцінкі можа быць клінападобнай, акруглай, сэрцападобнай, стрэлападобнай, коп'епадобнай, няроўнабокай, зрэзанай (усечанай), звужанай (рыс. 55, *Б*).

Край ліставой пласцінкі можа быць суцэльным або зубчастым, пілававатым, гародчатым, хвалістым, выемчатым, дваяказубчастым, дваякапілаватым, зубчастапілаватым (рыс. 55, *В*).

Ліставая пласцінка і чаранок густа пранізаныя сеткай жылак, якія ўтвораны праваднымі пучкамі. Пэўнае размеркаванне жылак у пласцінцы ліста называецца *жылкаваннем*. Па жылках у тоўшчу ліста паступае вада з растворанымі ў ёй мінеральнымі рэчывамі і адбываецца адток прадуктаў асіміляцыі. Жылкі таксама з'яўляюцца механічнай апорай ліста. Жылка, якая служыць непасрэдным прадаўжэннем праваднога пучка чаранка, называецца *галоўнай* або *сярэдняй жылкай*; ад яе бяруць пачатак *бакавыя жылкі*, або жылкі другога парадку, ад іх — жылкі трэцяга парадку і г. д.

У залежнасці ад характару размяшчэння бакавых жылак і спосабаў галінавання адрозніваюць некалькі тыпаў жылкавання (рыс. 56): *простае* — ліставую пласцінку пранізвае ад асновы да вярхушкі толькі адна жылка (імхі, дзеразовыя, сасна, елка, эладэя); *дыхатамічнае* — жылкі галінуюцца дыхатамічна (гінкга); *перыстае* — ад адной галоўнай жылкі пад вуглом адыходзяць бакавыя (вольха, бяроза, вярба, груша, яблыня); *пальчатае,* або *дало-*



Рыс. 56. Жылкаванне ліста:
1 — простае (у хвоі звычайнай); *2* — дыхатамічнае (у гінкга); *3* — перыстае (у клёна татарскага); *4* — пальчатае (у клешчавіны); *5* — паралельнае (у кукурузы); *6* — дугападобнае (у майніка двухлістага)

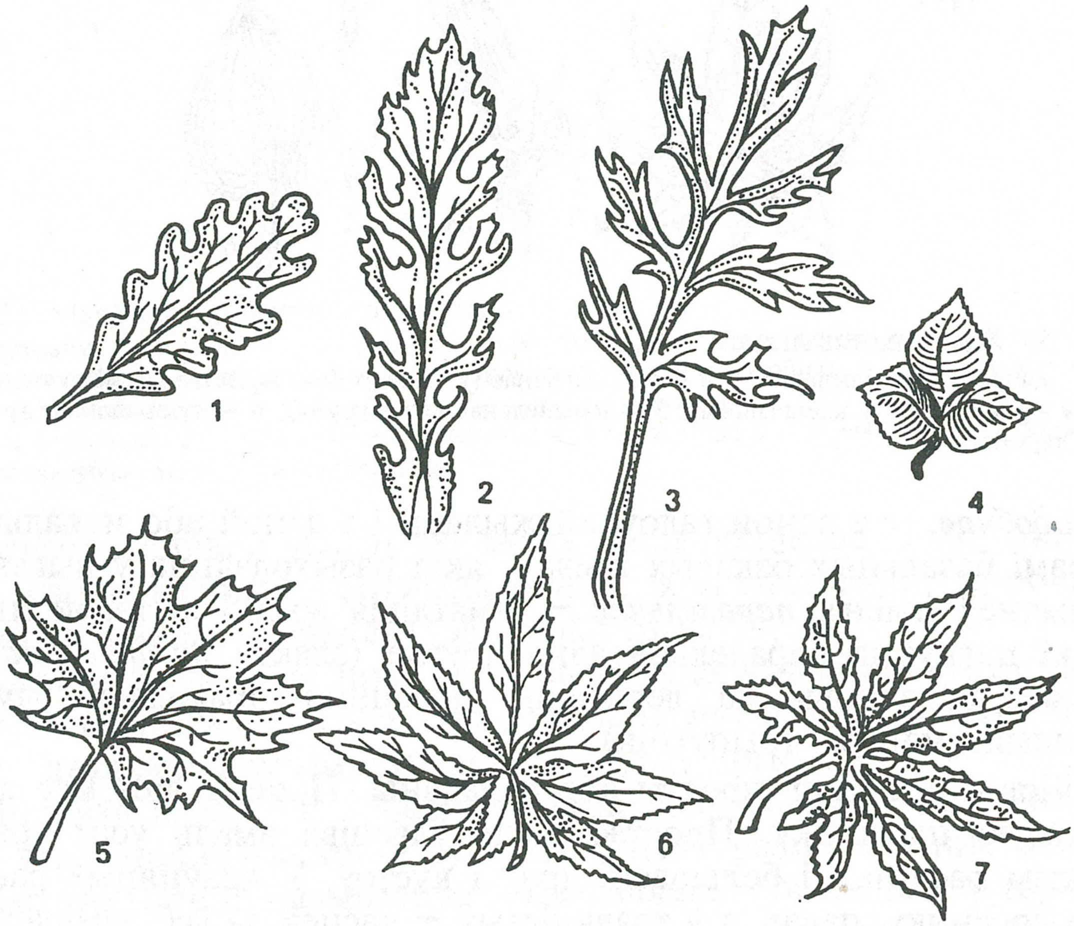
непадобнае, — з адной галоўнай жылкай і з адной або некалькімі парамі базальных бакавых жылак, якія разыходзяцца ў выглядзе прамянёў (клён); *паралельнае* — шматлікія жылкі ліставой пласцінкі цягнуцца паралельна адна другой (злакі); *дугападобнае* — жылкі ад асновы да верхавіны пласцінкі праходзяць дугой (ландыш, майнік, трыпутнік).

Ліст можа быць просты або складаны. Просты ліст мае адну ліставую пласцінку. Простае лісце ўласціва амаль усім травяністым раслінам і большасці дрэў і кустоў. У драўняных раслін яно восенню ападае, а ў травяністых — часцей за ўсё адмірае разам са сцяблом.

Ліставая пласцінка простага ліста можа быць суцэльнай або ў рознай ступені расчлянёнай. Суцэльным ліст лічыцца ў тым выпадку, калі надрэзы яго краю па памерах не перавышаюць чвэрці паўпласцінкі. Калі ж надрэзы больш за ўказаную велічыню, але менш за палову паўпласцінкі, ліст называюць лопасцевым, а выступы паміж надрэзамі — *лопасцямі* (рыс. 57).

У залежнасці ад колькасці лопасцей лісце можа быць двух-, тройчы-, чатырох- і мнагалопасцевым. Па характары размяшчэння лопасцей адрозніваюць далонепадобнае, або пальчаталопасцевае, лісце з лопасцямі, размешчанымі па перыферыі ліста, сярэднія жылкі зыходзяцца да чаранка ліста (каліна звычайная,

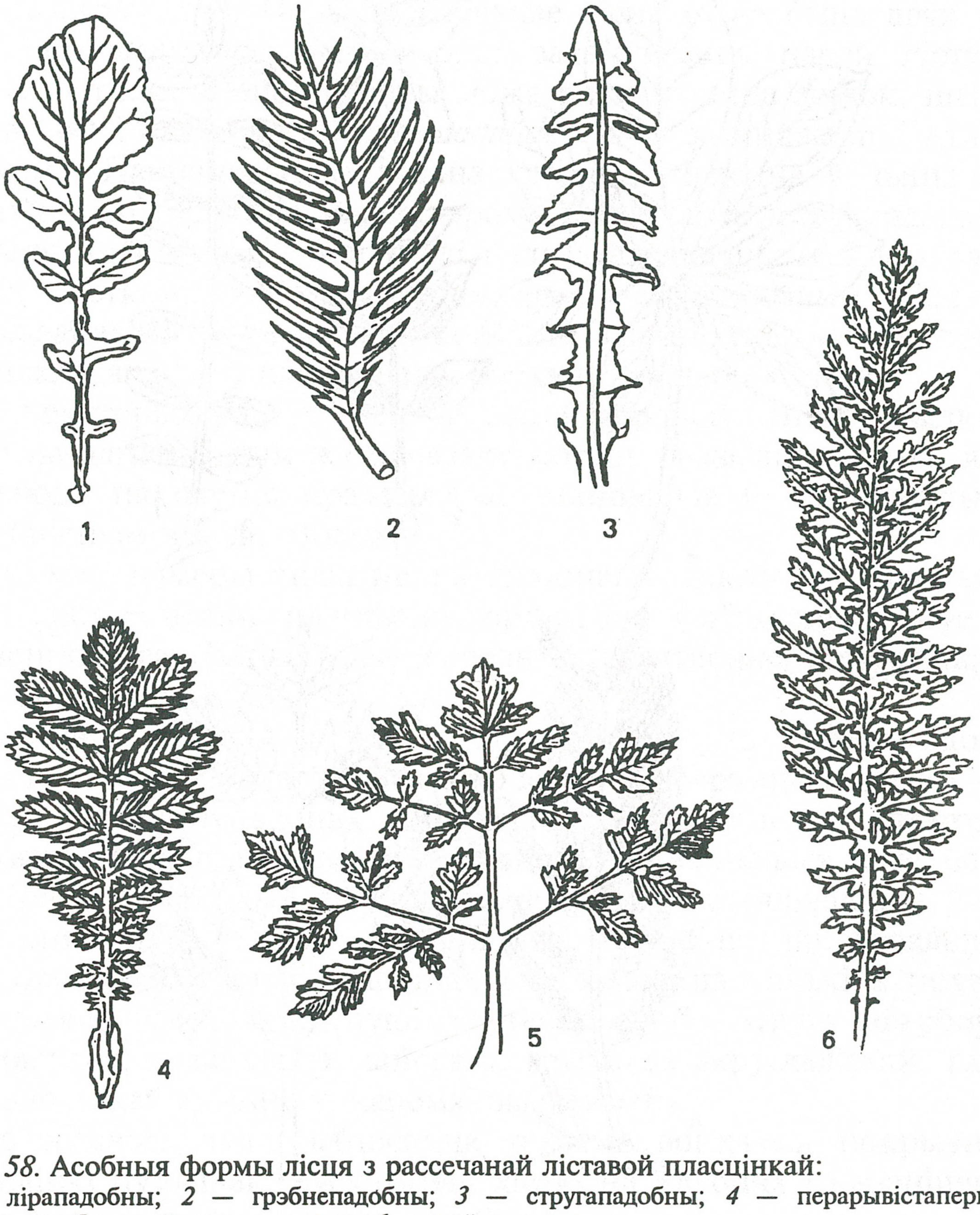
клён востралісты, хмель звычайны, гусялапка востравугольная), а таксама перысталопасцевае лісце з лопасцямі, размешчанымі па абодва бакі пласцінкі, жылкі лопасцей накіраваныя да цэнтральнай жылкі ліста (бадзяк балотны, дуброўка серабрыстая, паўночнік палявы). Калі ў перысталопасцевым лісці лопасці па велічыні і форме істотна адрозніваюцца паміж сабой (некаторыя віды дубоў), такі ліст называюць *выемчатым*, а калі канечная доля буйнейшая за бакавыя, такі ліст называюць *ліраподобным* (рэдзька дзікая, падтыннік вялікі, міцэліс сцянны).



Рыс. 57. Формы простага лісця з расчлянёнай ліставой пласцінкай:
1 — перысталопасцевы (у дуба звычайнага); *2* — перыстараздзельны (у старасценю Якава); *3* — перыстарассечаны (у бядрынцу каменяломнікавага); *4* — тройчылопасцевы (у пралескі); *5* — пальчаталопасцевы (у клёна востралістага); *6* — пальчатараздзельны (у клешчавіны); *7* — пальчатарассечаны (у казяльцу едкага)

Калі велічыня надрэзаў ліста перавышае палову паўпласцінкі, але надрэзы не даходзяць да сярэдняй жылкі або асновы ліста, ліст называюць раздзельным, а прамежкі паміж надрэзамі — *долямі*. У залежнасці ад размяшчэння доляў адрозніваюць *трайчастараздзельнае* (кураслеп дуброўны, сардэчнік пяцілопасцевы), *пальчатараздзельнае* (герань лясная) і *перыстараздзельнае* (старасцень) лісце. Калі надрэзы даходзяць да сярэдняй жылкі або ас-

новы ліста, лісты называюць *рассечанымі*, а выступаючыя часткі – *сегментамі*. У залежнасці ад колькасці і характару размяшчэння сегментаў адрозніваюць *трайчастарассечаныя* (казялец едкі, казялец паўзучы), *пальчатарассечаныя* (герань лугавая) і *перыстарассечаныя* (валяр'ян лекавы, палын звычайны, піжма звычайная, дуднік лясны). Пры перыстым расчляненні можа фарміравацца стругападобнае (дзьмухавец лекавы, жаўтакруг рабы) і грэбнепадобнае лісце (рыс. 58).

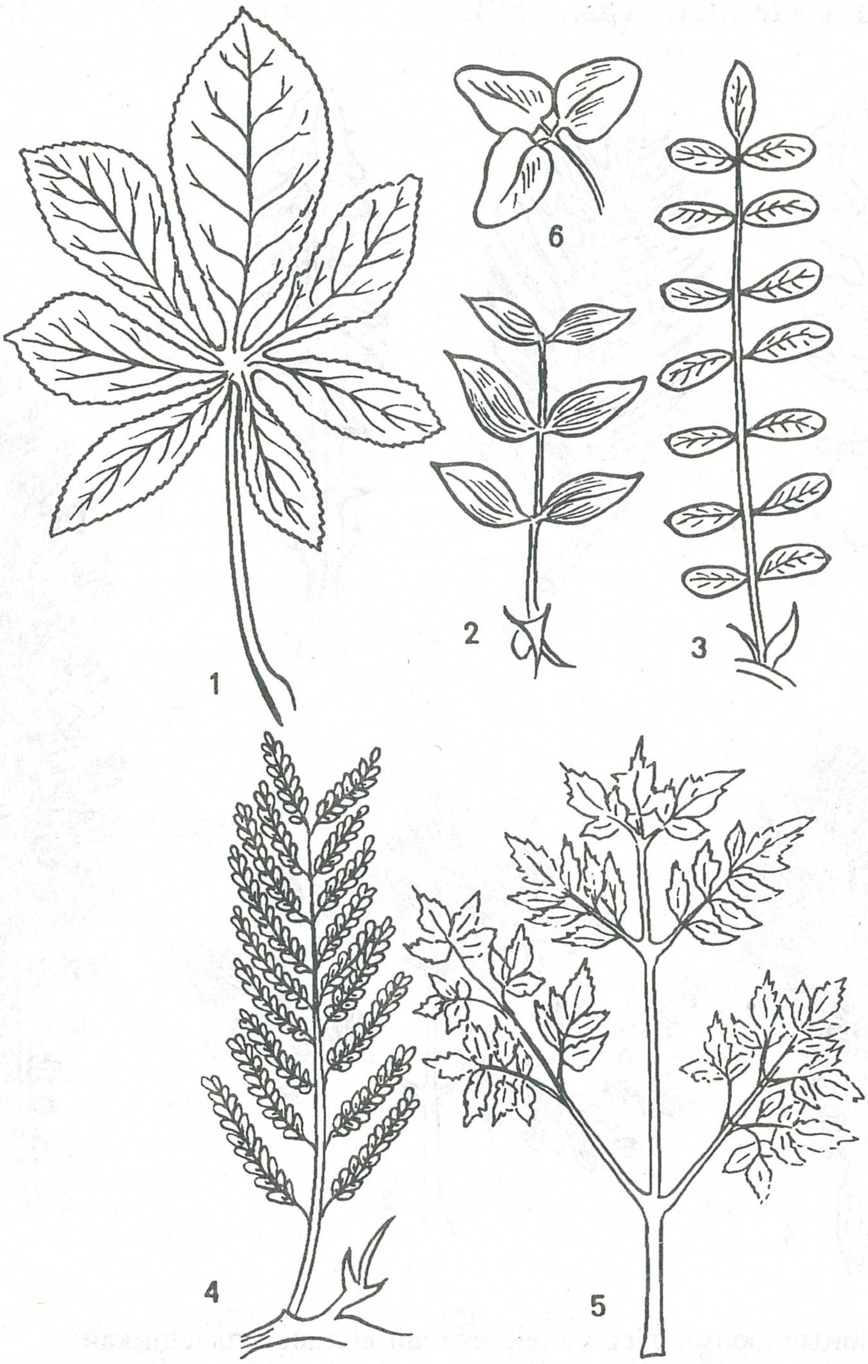


Рыс. 58. Асобныя формы лісця з рассечанай ліставой пласцінкай:
1 — лірападобны; *2* — грэбнепадобны; *3* — стругападобны; *4* — перарывістаперыстарассечаны; *5* — трайчастарассечаны; *6* — двойчырассечаны

Калі ў перыстарассечаным лісце буйныя сегменты чаргуюцца з больш дробнымі, такі ліст называецца *перарывістаперыстарассечаным* (бульба, таважнік звычайны, дуброўка гусіная).

Даволі часта лісты бываюць двойчы і тройчы расчлянёныя, калі расчлянёныя іх долі або сегменты (маркоўнік лясны, снітка звычайная, пятрушка сабачая, кмен звычайны).

Моцная расчлянёнасць ліставой пласцінкі не толькі спрыяе павелічэнню яе паверхні, але і засцерагае лісце ад разрываў ветрам без утварэння магутнай механічнай тканкі.



Рыс. 59. Формы складанага лісця:

1 — пальчатаскладаны (у каштана конскага); *2* — парнаперыстаскладаны (у сачавічніку вясенняга); *3* — непарнаперыстаскладаны (у белай акацыі); *4* — двухперыстаскладаны (у гледычыі трохкалючкавай); *5* — трайчастаперыстаскладаны (у пылюшніку); *6* — трайчастаскладаны (у канюшыны)

Складаныя лісты звычайна ўтвараюцца некалькімі лісткамі, якія прымацоўваюцца да агульнага чаранка (рахіса) з дапамогай уласных чараночкаў. Дзякуючы гэтаму складаны ліст дрэў восенню ападае часткамі – спачатку паасобку лісткі, потым рахіс. Колькасць лісткоў у складаным лісце розная.

У залежнасці ад размяшчэння лісткоў складаныя лісты падзяляюцца на *перыстаскладаныя* – лісткі размяшчаюцца па даўжыні чаранка і *пальчатаскладаныя* – лісткі адыходзяць ад верхавіны чаранка (рыс. 59). Перыстаскладанае лісце можа быць двух тыпаў: *парнаперыстаскладанае* (ліст заканчваецца парай лісткоў; паміж лісткамі апошняй пары можа размяшчацца асцюк, шыпік або вусік) і *няпарнаперыстаскладанае* (ліст заканчваецца адным лістком). Парнаперыстаскладанае лісце назіраецца ў чыны вясенняй, чыны клубняноснай, гароху; няпарнаперыстаскладанае – у шыпшыны, курая і інш. Калі пальчатаскладаны ліст утвораны трыма лісткамі, яго называюць *трайчастаскладаным*. Пальчатаскладанае лісце ў каштана конскага звычайнага, лубіну; трайчастаскладанае – у канюшыны, баркуну, люцэрны і інш.

У некаторых раслін (напрыклад, у ворлікаў, сніткі, пылюшніку) на адным і тым жа парастку могуць развівацца лісты, якія займаюць па форме прамежкавае становішча паміж простымі, расчлянёнымі і складанымі.

Форма і памеры лісця не з'яўляюцца абсалютнымі і пастаяннымі. Ліст – вельмі пластычны орган, які з лёгкасцю рэагуе на змяненне навакольных умоў існавання (асвятленне, вільготнасць, жыўленне і інш.).

Форма і памеры лісця, іх функцыі могуць істотна адрозніваецца ў межах аднаго парастка. Такая дыферэнцыяцыя вызначаецца яшчэ ў пупышцы. Звычайна адрозніваюць тры катэгорыі (фармацыі) лісця: нізавыя, пасярэднія і верхавінкавыя (рыс. 60).

Нізавыя – першыя лісты парастка. Яны размяшчаюцца ў аснове сцябла, звычайна недаразвітыя, маюць выгляд лускавінак або зусім пазбаўлены пласцінак і складаюцца толькі з похваў, якія маюць бледна-зялёную, жаўтаватую або бурую афарбоўку (напрыклад, у ландыша майскага, грушанкі акругалалістай, гадавых парасткаў арэшніку, чаромхі звычайнай).

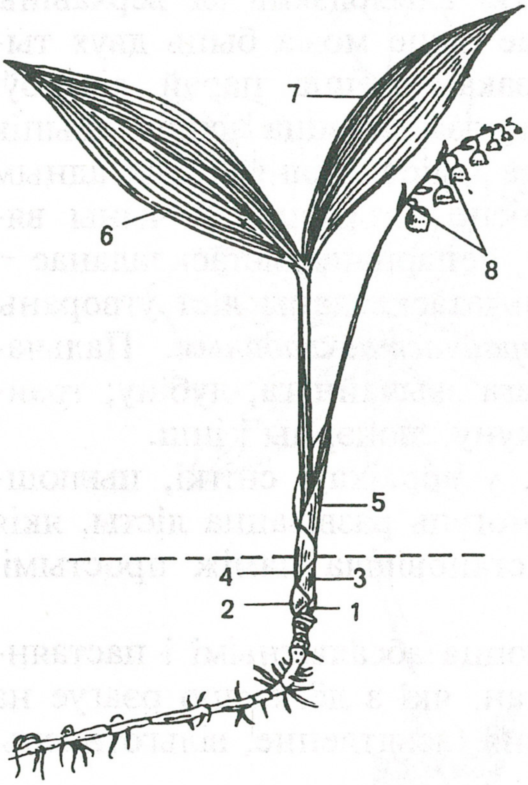
Да нізавога лісця адносяцца таксама вонкавыя покрыўныя лускавінкі пупышак, лускаватыя лісткі на клубнях і карэнішчах, а таксама ахоўныя лускавінкі цыбулін.

Своеасаблівым нізавым лісцем з'яўляюцца семядолі.

Нізавое лісце выконвае ахоўную функцыю і ў асноўным засцерагае расліну ад неспрыяльных умоў на ранніх этапах развіцця.

Пасярэдняе лісце развіваецца ў сярэдняй частцы парастка і з'яўляецца тыповым для таго ці іншага віду раслін. Такое лісце лепш развітае, таму што выконвае асноўныя функцыі – фотасінтэз, транспірацыю і газаабмен.

Верхавінкавае лісце размяшчаецца ў верхняй частцы парасткаў у вобласці кветак і суквецццяў. Як і нізавое, яно таксама з'яўляецца недаразвітым або слабарасчлянёным. Ад пасярэдніх гэтае лісце звычайна адрозніваецца меншымі памерамі, больш простай формай, а часта і афарбоўкай, адсутнасцю чаранкоў і прылісткаў. Да верхавінкавага лісця адносяцца прыкветкі, абгортка і абгортачка суквецццяў (напрыклад, складанага парасоніка, кошыка).



Рыс. 60. Тры фармацыі лісця ў ландыша майскага:
1–5 — нізавое; *6, 7* — пасярэдняе; *8* — верхавінкавае лісце

Нізавое і верхавінкавае лісце характэрна не для ўсіх раслін. Верхавінкавае лісце не развіваецца, напрыклад, у раслін сям'і крыжакветкавых.

У многіх раслін, асабліва водных, лісце пасярэдняй фармацыі адрозніваецца паміж сабой па форме, памерах, расчлянёнасці і іншых прыкметах. Гэтая з'ява называецца *разналістасцю* або *гетэрафіліяй* (рыс. 61). Гетэрафілія назіраецца ў многіх відаў казяльцу, стрэлкалісту звычайнага, замежніку звычайнага, званочку круглалістага і інш.

Пераход ад адной катэгорыі лісця да другой часта бывае вельмі паступовым. Пераход ад нізавога лісця да пасярэдняга добра прыкметны ў бузіны, каштана, клёна, парэчак; ад пасярэдніх да верхавінкавых – у многіх травяністых раслін сем'яў парасонавых, губакветных, казяльцовых і інш.

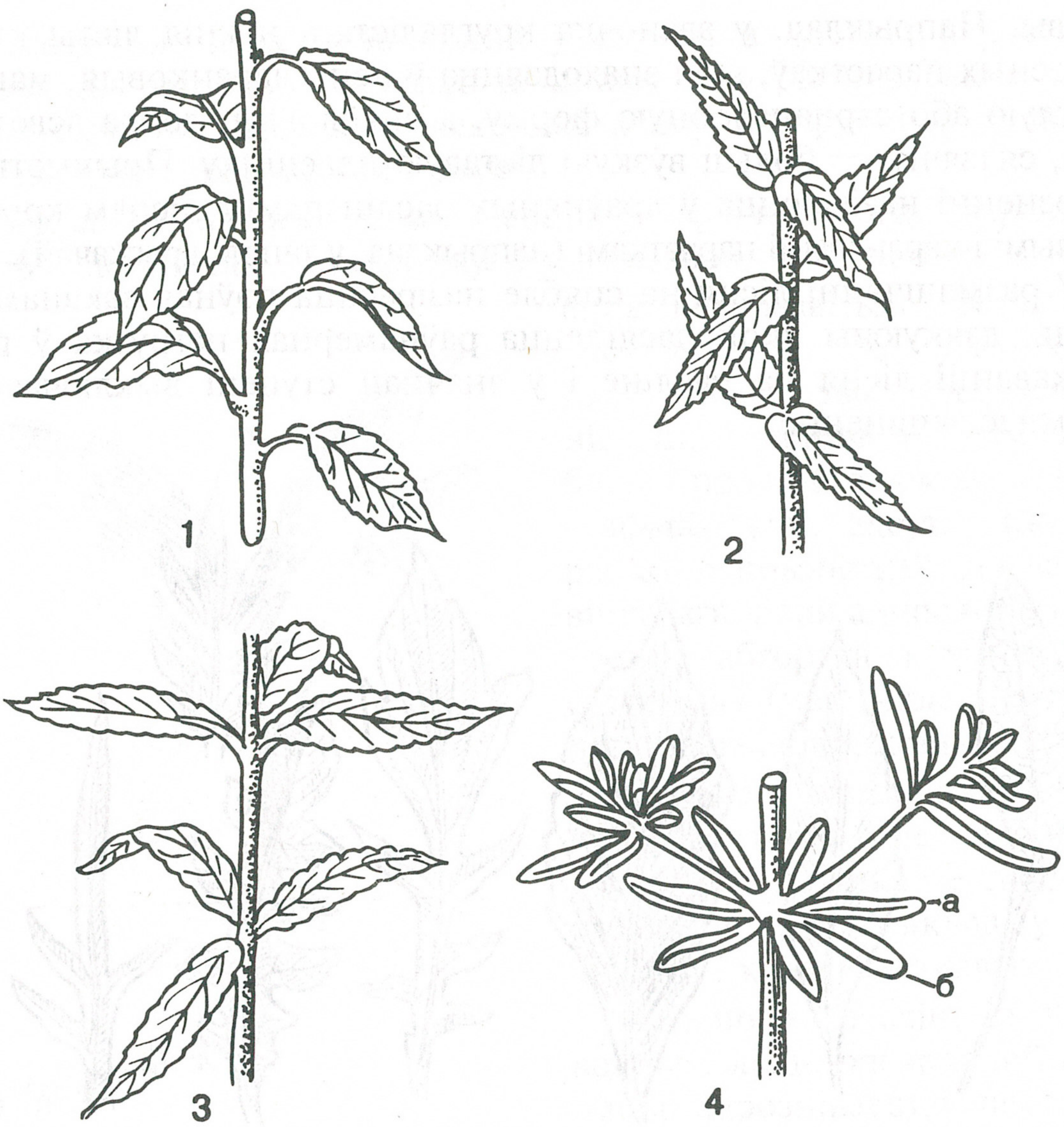
Прычыны разналістасці розныя. Гэта можа быць звязана з узростам і размяшчэннем лісця на парастку. Напрыклад, у паўночніку палявога першыя з пасярэдніх лістоў, якія знаходзяцца ў ніжняй частцы сцябла, – суцэльныя. Пазней паяўляюцца лісты з расчлянёнай ліставой пласцінкай (раздзельныя і рассечаныя). Прычынай гетэрафіліі могуць быць і экалагічныя

ўмовы. Напрыклад, у званочка круглалістага ніжнія лісты кветканосных парасткаў, якія знаходзяцца ў цені, чаранковыя, маюць круглую або сэрцападобную форму, а сцябловыя, добра асветленыя, сядзячыя – больш вузкую ліставую пласцінку. Прыкметныя адрозненні назіраюцца ў драўняных раслін паміж лісцем кроны, пнёвымі і каранёвымі парасткамі (напрыклад, у таполі дрыжачай).

У размяшчэнні лісця на сцябле назіраецца пэўная заканамернасць, дзякуючы якой дасягаецца раўнамерная нагрузка ў размеркаванні лісця на расліне і ў значнай ступені выключаецца ўзаемнае зацяненне.

Рыс. 61. Разналістасць у паўночніку палявога

Адрозніваюць *чарговае*, або *спіральнае*, лістаразмяшчэнне, калі кожны вузел нясе адзін ліст (напрыклад, у бярозы барадаўчатай, чаромхі звычайнай, яблыні дамашняй); *супраціўнае*, або *працілеглае* (ад кожнага вузла адыходзяць па два лісты – адзін супраць другога; у бэзу звычайнага, бузіны чырвонай, бузіны чорнай), і *кальчáкавае* (ад аднаго вузла адыходзіць больш двух лістоў; у эладэі канадскай, мудранкі чатырохлістай). Адрозніваюць таксама *ілжэкальчакавае* лістаразмяшчэнне. Яно назіраецца ў тым выпадку, калі прылісткі працілеглых лістоў па форме і велічыні не адрозніваюцца ад лістоў і адзінай прыкметай першых з'яўляецца адсутнасць пазушных пупышак (рыс. 62). Часам назіраецца *разетачнае размяшчэнне* лісця, якое не зусім дакладна называюць прыкаранёвым. Гэта бывае ў тых выпадках, калі міжвузеллі развітыя слаба і вузлы набліжаныя адзін да аднаго (напрыклад, у дзьмухаўца лекавага).



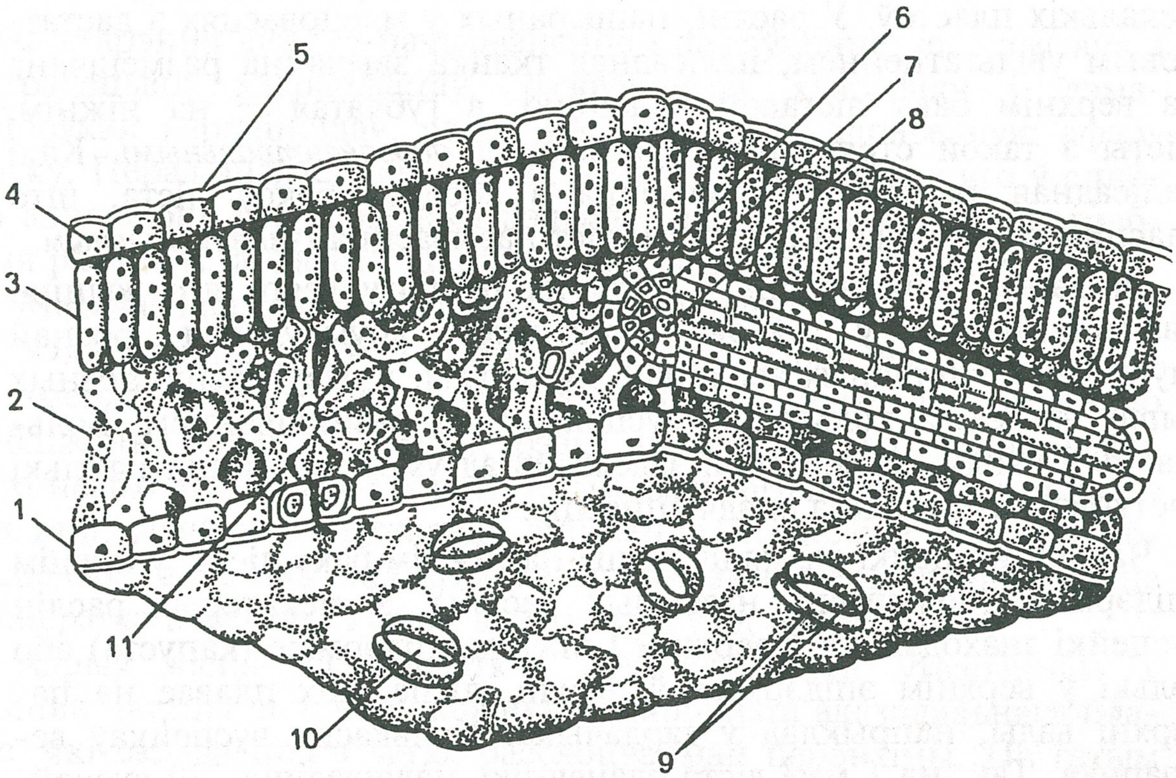
Рыс. 62. Размяшчэнне лісця на сцябле:

1 — чарговае (у вішні); *2* — процілеглае (у чысціку балотнага); *3* — кальчакавае (у лазаніцы звычайнай); *4* — ілжэкальчакавае (у маруны мяккай); *а* — прылістак; *б* — ліст

Анатамічная будова ліста вызначаецца яго асноўнымі функцыямі. Важнейшай тканкай ліста з'яўляецца *мезафіл*, з дапамогай якога ажыццяўляецца фотасінтэз. Астатнія тканкі забяспечваюць нармальную работу мезафілу. Эпідэрміс, які пакрывае ліст шчыльным слоем, рэгулюе газаабмен і транспірацыю. Сістэма разгалінаваных праводных пучкоў забяспечвае мезафіл вадой і мінеральнымі рэчывамі, а таксама адток асімілятаў. Механічныя тканкі ліста забяспечваюць яму пэўную трываласць.

Мезафіл займае ўсю прастору паміж верхнім і ніжнім эпідэрмісам, за выключэннем праводных пучкоў і механічных тканак (рыс. 63).

Мезафіл складзены парэнхімнымі клеткамі з даволі вялікай колькасцю хларапластаў і адносіцца да асіміляцыйнай тканкі.



Рыс. 63. Анатамічная будова ліста (схема):
1 — ніжні эпідэрміс; *2* — губчаты мезафіл; *3* — слупкаваты мезафіл; *4* — верхні эпідэрміс; *5* — кутыкула; *6* — механічная тканка; *7* — ксілема; *8* — флаэма; *9* — замыкальныя клеткі; *10* — вусцейка; *11* — міжклетачная прастора

Па форме клетак, якія ўваходзяць у склад мезафілу, гэтая тканка падзяляецца на палісадную, або слупкаватую, і губчатую парэнхіму. Клеткі *палісаднай парэнхімы* некалькі выцягнутыя ў даўжыню, доўгая вось іх скіравана перпендыкулярна паверхні ліста. Хларапласты ў клетках размяшчаюцца ў асноўным уздоўж доўгіх сценак. *Губчатая парэнхіма* мае больш разнастайную форму клетак і буйныя міжклетнікі. Дзякуючы развітай сістэме міжклетнікаў мезафіл валодае велізарнай унутранай паверхняй, якая ў многа разоў перавышае вонкавую паверхню ліста. У некаторых раслін паверхня мезафілу павялічаная за кошт складак клетак (складкаватая парэнхіма ў некаторых хваёвых).

Вада выпараецца з паверхні клетак губчатай парэнхімы ў міжклетнікі, потым канцэнтруецца ў падвусцевай поласці, адкуль праз адкрытыя вусцевыя шчыліны трапляе ў навакольнае асяроддзе. Праз вусцевыя шчыліны паступае вуглякіслы газ, які неабходны для фотасінтэзу, і выдаляецца кісларод.

На таўшчыню мезафілу і асаблівасці слупкаватай і губчатай тканкі істотны ўплыў аказваюць фактары навакольнага асяроддзя, у прыватнасці інтэнсіўнасць асвятлення. У ценевынослівых раслін палісадная парэнхіма часта ўтрымлівае толькі адзін пласт клетак, у святлолюбівых, наадварот, яна звычайна складзена з

некалькіх пластоў. У раслін, пашыраных у мясцовасцях з дастатковым увільгатненнем, палісадная тканка звычайна размешчана на верхнім баку ліставой пласцінкі, а губчатая — на ніжнім. Лісты з такой структурай называюцца *дарзавентральнымі*. Калі палісадная тканка размяшчаецца з абодвух бакоў ліста, што ўласціва сухалюбівым раслінам, ліст называецца *ізалатэральным*.

Эпідэрміс захоўваецца ў ліста на працягу ўсяго яго жыцця. Разнастайнасць у будове эпідэрмісу абумоўленая розная таўшчынёй клетачных абалонак, кутыкулы, прысутнасцю розных тыпаў валаскоў, колькасцю вусцейкаў і іх размяшчэннем. Большасць з гэтых асаблівасцей залежыць ад умоў існавання і толькі часткова вызначаецца спадчыннасцю.

Часцей вусцейкі размяшчаюцца на ніжнім баку ліста, у ніжнім эпідэрмісе (большасць наземных раслін). У некаторых раслін вусцейкі знаходзяцца ў верхнім і ніжнім эпідэрмісе (капуста) або толькі ў верхнім эпідэрмісе ў раслін, лісце якіх плавае на паверхні вады, напрыклад у гарлачыка. Колькасць вусцейкаў велізарная. Так, на 1 мм^2 ліста сланечніку налічваецца 220 вусцейкаў, а ліста клёна — 550.

Праводныя тканкі складаюць аснову жылак ліста. Яны ўтвораны першаснай ксілемай і флаэмай, якія аб'яднаны ў калатэральны пучок. Гэтыя пучкі ўтвараюць у лісце непарыўную сістэму, звязаную з праводной сістэмай сцябла. Ксілема заўсёды арыентавана ў бок марфалагічна верхняй, а флаэма — марфалагічна ніжняй паверхні ліста. Як правіла, пучкі не сутыкаюцца непасрэдна з мезафілам ліста, а аддзелены ад яго больш буйнымі, часта без хларафілу абкладкавымі клеткамі (падобнымі да клетак эндадэрма кораня), якія рэгулююць перамяшчэнне рэчываў.

Механічныя тканкі ліста выконваюць ролю арматуры і процістаяць яго разрыву і расціскванню. Валокны часцей за ўсё ўваходзяць у склад праводных пучкоў. У буйных пучках або па краі ліста нярэдка сустракаецца і каленхіма, якая засцерагае ліст ад парываў. У мезафіле, асабліва ў відаў з тоўстым лісцем, часта сустракаюцца рознага роду склерэіды, якія выконваюць функцыю распорак.

Чаранок ліста структурна падобны да сцябла. У асноўным у ім развітыя праводныя тканкі; апорную функцыю выконваюць нешматлікія клеткі каленхімы і склерэнхімныя валокны; парэнхіма выражана слаба.

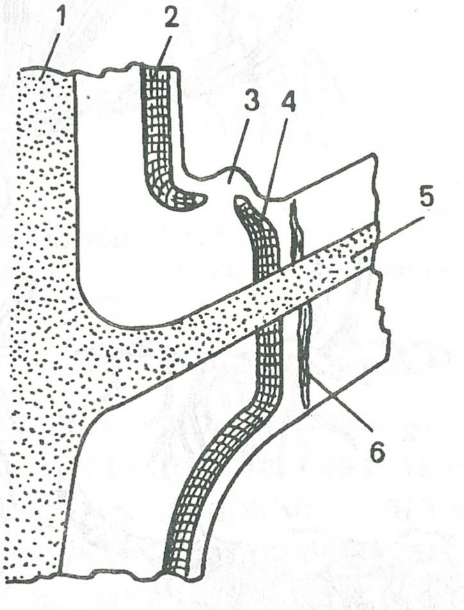
Актыўны фотасінтэз вядзе да хуткага старэння лісця і ў канцы канцоў да яго адмірання і ападання. Інтэнсіўнасць фізіялагічных працэсаў у старэючым лісце паступова зніжаецца. Бачная прык-

мета старэння ліста — пачырваненне і пажаўценне, што звязана з дэградацыяй хларапластаў, разбурэннем хларафілу і дэмаскіроўкай караціноідаў, якія і надаюць лісту адпаведную афарбоўку. Перад ападзеннем ліст як бы апустошваецца: з яго ў сцябло адцякаюць усе карысныя рэчывы і назапашваюцца непатрэбныя раслінам, а часам і шкодныя для іх прадукты абмену.

Масавае ападзенне лісця называецца *лістападам*.

У лістападных дрэў і кустоў ападзенне лісця на зіму звязана са зменай даўжыні дня. Гэта своеасаблівы сігнал для раслін аб набліжэнні восені. Лістапад рэзка памяншае выпарэнне вады, што неабходна ва ўмовах асенне-зімовага фізіялагічнага дэфіцыту вільгаці. Дзякуючы лістападу зніжаецца небяспека паломак аблісцелых галін пад цяжарам снегу. Акрамя таго, апаўшае лісце засцерагае насенне і карані дрэў і кустоў ад вымярзання.

Адрыў лісця ад парасткаў абумоўліваецца ўтварэннем у ніжняй частцы ліставога чаранка папярочнага аддзяляльнага пласта, які складаецца з лёгка расслойваймай парэнхімы. Па гэтым пласце лісце аддзяляецца і на месцы аддзялення застаецца ліставы рубец, які прыкрываецца пластом корку (рыс. 64). На ліставым рубцы добра відаць ліставыя сляды — канцы правадных жылак чаранка.



Рыс. 64. Падоўжны разрэз праз аснову чаранка ліста таполі перад ападзеннем ліста:
1, 5 — правадныя тканкі сцябла і ліста; *2* — корак сцябла; *3* — пупышка ў пазусе ліста; *4* — корак пры аснове чаранка; *6* — аддзяляльны пласт

У некаторых кветкавых раслін лісце захоўваецца ўсю зіму. Гэта вечназялёныя кусточкі брусніцніку, верасу, журавін. Дробнае цвёрдае лісце такіх раслін, якое слаба выпарае ваду, захоўваецца пад снегам. Зімуюць з зялёным лісцем і многія травы, напрыклад суніцы, канюшына, падтыннік.

У большасці голанасенных лясной зоны лісце таксама не ападае на зіму. Але гэта не азначае, што лісце ў іх зусім не ападае. Замена старога лісця на новае ў вечназялёных раслін адбываецца

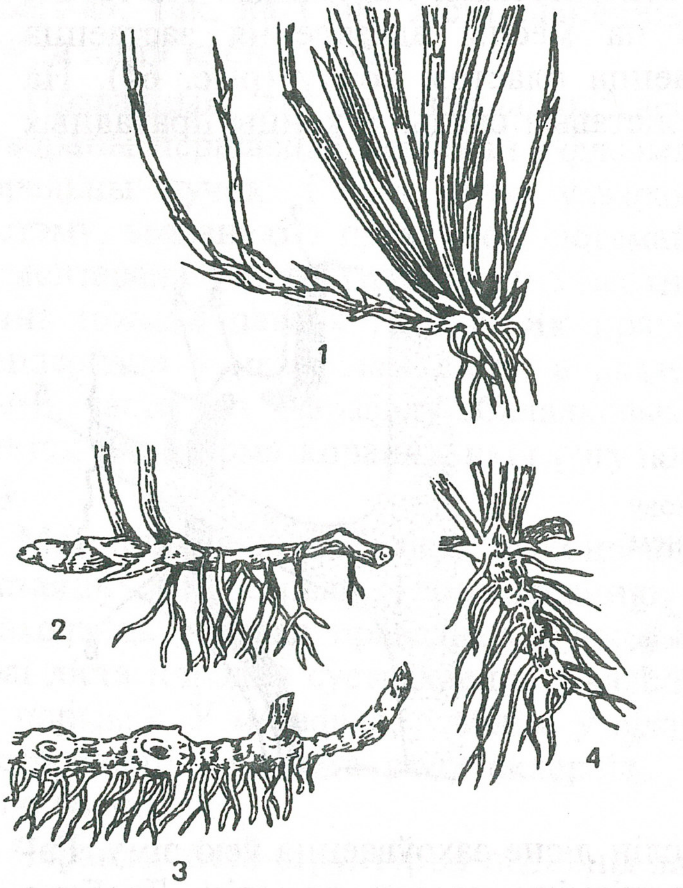
паступова і звычайна ажыццяўляецца не восенню, а вясной, падчас інтэнсіўнага росту новых парасткаў з пупышак.

Метамарфозы парастка, сцябла і ліста

У працэсе прыстасавання да ўмоў асяроддзя часам змяняецца функцыя органа, што і вызывае яго *відазмяненне*, або *метамарфоз*. Функцыянальная дзейнасць відазмененых органаў накладвае адбітак на іх марфалагічную будову.

Адрозніваюць падземныя і надземныя метамарфізаваныя парасткі.

Падземныя відазмяненні парасткаў адбываюцца ў тоўшчы глебы. Характар відазмяненняў дае падземным парасткам магчымасць выконваць такія функцыі, як перазімоўка і веснавое аднаўленне, вегетатыўнае размнажэнне, адкладванне запасных пажыўных рэчываў.



Рыс. 65. Карэнішча:
1 — асакі; *2* — ландыша майскага; *3* — купены лекавай; *4* — суніц

Прыкладамі змянення парасткаў з'яўляюцца карэнішчы, клубні і сталоны, цыбуліны і клубнецыбуліны.

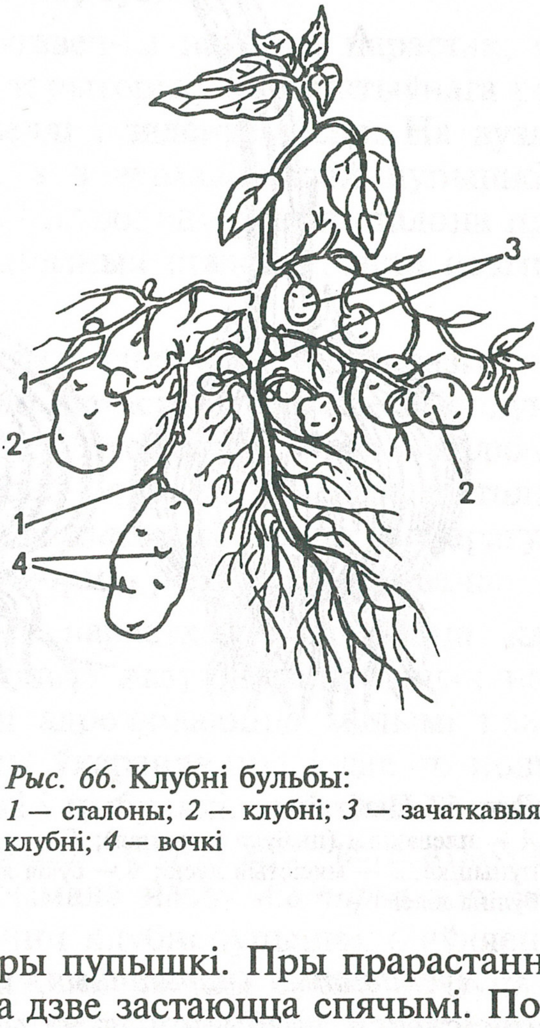
Карэнішча ўяўляе сабой падземны парастак с болей або меней выцягнутай сцябловай часткай (рыс. 65). Размяшчаецца карэнішча ў глебе пераважна гарызантальна, часам коса ўніз, значна радзей вертыкальна (як, напрыклад, у хвашчу палявога, цыкуты ядавітай).

У сувязі з працяглым эвалюцыйным развіццём у аднолькавых умовах падземнага існавання карэнішча знешне нагадвае корань. У той жа час адметнай асаблівасцю карэнішчаў з'яўляецца прысутнасць у іх прыкмет вегетатыўнага парастка: вузлоў і міжвузелляў, рэдукаванага лісця або ліставых рубцоў пасля ападзення лісця і пупышак, з якіх ут-

вараюцца падземныя і надземныя парасткі. Прыдаткавыя карані адыходзяць ад вузлоў, а ў некаторых выпадках – ад міжвузелляў. У адрозненне ад кораня карэнішча заканчваецца не каранёвым чахольчыкам, а верхавінкавай пупышкай. Міжвузеллі карэнішчаў могуць быць тонкія і доўгія (пырнік паўзучы, майнік двухлісты) або пакарочаныя і патоўшчаныя (купена лекавая).

Першыя з'яўляюцца пераважна органамі размнажэння, другія – ёмішчамі запасных пажыўных рэчываў.

Клубень уяўляе сабой моцна пакарочаны і патоўшчаны парастак з рэдукаваным лісцем, у пазухах якога закладваюцца пупышкі (рыс. 66). Прызначэнне клубня – назапашванне пажыўных рэчываў і вегетатыўнае размнажэнне. Клубні ўзнікаюць як мясцовыя патаўшчэнні на выцягнутых падземных парастках, так званых *сталонах*. У клубня, як ва ўсялякага парастка, адрозніваюць аснову і верхавіну. Асновай лічаць месца прымацавання клубня да сталона, дзе маецца заглыбленне, а верхавінай – процілеглы канец, дзе засяроджана большасць вочак. Вочкі ўяўляюць сабой заглыбленні з размешчанымі ў іх пупышкамі. У кожным вочку размяшчаюцца па тры пупышкі. Пры прарастанні клубня адна з іх утварае парастак, а дзве застаюцца спячымі. Побач з вочкам знаходзіцца *ліставы рубец* – месца прымацавання рана ападаючага лускападобнага ліста (броўка). Клубнем таксама называюць патоўшчаную частку сцябла наземнага парастка (кальрабі).

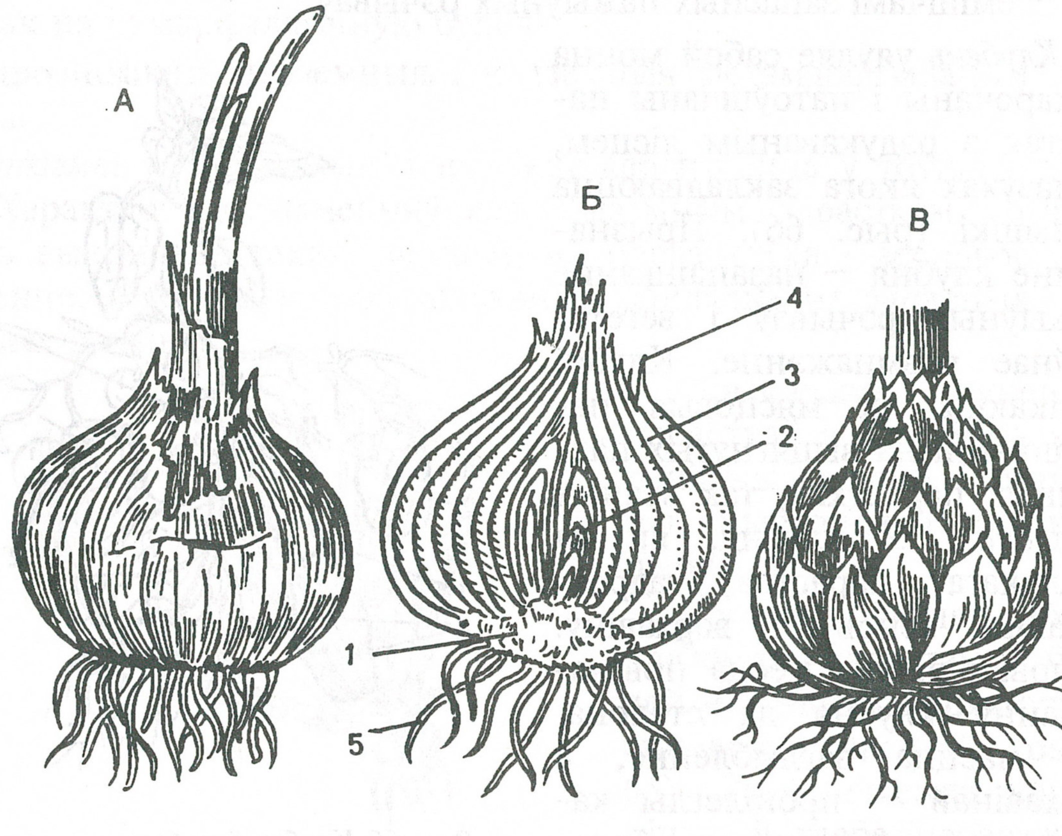


Рыс. 66. Клубні бульбы:
1 — сталоны; *2* — клубні; *3* — зачаткавыя клубні; *4* — вочкі

Цыбуліна – пакарочаны парастак з набліжанымі вузламі (рыс. 67). Сцябло мае конусападобную форму і называецца *днечкам* цыбуліны. Лускі цыбуліны ўяўляюць сабой асновы ліста, якія разраслiся. У лусках адкладваецца запас пажыўных рэчываў. Ліставая пласцінка не развіваецца. У пазухах лусак на днечку фарміруюцца пупышкі, з якіх развіваюцца даччыны цыбулькі – *дзятва*. На верхавіне днечка паяўляецца пупышка, якая пры

прарастанні ўтварае парастак і суквецце. Укараняецца цыбуліна прыдаткавымі каранямі, якія адыходзяць ад днечка.

Адрозніваюць цыбуліны плевачныя і лускаватыя. *Плевачныя цыбуліны* маюць шырокія, шчыльна ахопліваючыя адна другую лускі. Вонкавыя лускі – сухія скурыстыя, выконваюць функцыю аховы і прыкрываюць унутраныя – сакавітыя, якія назапашваюць пажыўныя рэчывы (цыбуля рэпчатая, цюльпан).



Рыс. 67. Цыбуліна:
А — плевачная (цыбуля рэпчатая); *Б* — яе падоўжны разрэз (*1* — днечка; *2* — верхавінкавая пупышка; *3* — мясістыя лускі; *4* — сухія лускі; *5* — карані); *В* — лускаватая (чарапічная) цыбуліна лілеі

Лускаватыя (чарапічныя) цыбуліны рыхлыя, вонкавыя лускі іх мясістыя і драбнейшыя за ўнутраныя і не ўтвараюць агульнага покрыва (лілея).

Клубнецыбуліна – таксама відазменены пакарочаны парастак, у якога патоўшчанае сцябло служыць ёмішчам запасных пажыўных рэчываў. На паверхні клубнецыбуліны ў спіральным парадку размяшчаюцца лускі, рэшткі асноў леташняга лісця. На верхавіне патоўшчанага сцябла знаходзіцца пупышка з зачаткамі суквецця і лісця, якія развіваюцца ў наступным вегетацыйным перыядзе. У аснове лусак фарміруюцца пазушныя пупышкі, з якіх утвараецца дзятва (гладыёлус, шафран).

Надземныя метамарфізаваныя парасткі – гэта калючкі, вусікі, надземныя сталоны, кладодыі і філакладыі.

Калючкі ўяўляюць сабой пакарочаныя, з завостранай верхавінай бязлістыя парасткі, якія выконваюць абаронную функцыю. Яны ўзнікаюць звычайна ў пазусе ліста (груша, глог, гледычыя, яблыня дзікая).

Вусікі – бакавыя відазмененыя парасткі, якія выконваюць функцыю прымацавання да апоры. Адрозніваюць вусікі простыя (агурок пасяўны) і разгалінаваныя (гарбуз).

Надземны сталон – гэта недаўгавечны паўзучы парастак, які служыць для пашырэння (захопу тэрыторыі) і вегетатыўнага размнажэння. Ён мае доўгія міжвузеллі і зялёнае лісце. На вузлах утвараюцца прыдаткавыя карані, а з верхавінкавай пупышкі – пакарочаны парастак (разетка), які пасля адмірання сталона працягвае самастойнае развіццё. Надземныя сталоны часта называюць *вусамі* (суніцы).

Кладодыі – парасткі з пляскатым сцяблом, часта разгалінаваныя. Яны выконваюць функцыю фотасінтэзу. Лісце іх рэдукавана да дробных бясколерных лускавінак або калючак (філакактусы). У тых выпадках, калі робяцца пляскатымі толькі бакавыя галінкі, іх называюць *філакладыямі* (ігліца, аспарагус). Філакладыі маюць лістападобную форму, рост іх абмежаваны.

Своеасаблівымі відазмяненнямі парасткаў з'яўляюцца клубеньчыкі і цыбулькі, што ўзнікаюць з пазушных пупышак надземных органаў. Гэтыя ўтварэнні адрозніваюцца малымі памерамі. Пры ападзенні на глебу яны ўкараняюцца і даюць новую расліну. Такім чынам, клубеньчыкі і цыбулькі, як і многія іншыя відазмененыя парасткі, выконваюць функцыю вегетатыўнага размнажэння. Падобная з'ява атрымала назву *вівіпарыі* або *жыванараджэння.* Прыкладам утварэння клубнепупышак з'яўляецца драсён жывародзячы, у якога ў ніжняй частцы суквецця ў пазухах прыкветнікаў закладваюцца клубеньчыкі. У тыгравай лілеі ў пазухах пасярэдняга лісця надземнага парастка развіваюцца цыбулькі.

Відазмяненне ўласціва таксама і лісту. Метамарфоз ліста з'яўляецца вынікам прыстасавання да зменлівых умоў асяроддзя і выканання неўласцівых яму функцый.

Відазмяненні ліста могуць існаваць у выглядзе вусікаў, калючак, лоўчых апаратаў.

Калючкі ліставога паходжання бываюць трох тыпаў. Напрыклад, калючкі барбарысу ўяўляюць сабой цалкам відазмененае лісце падоўжаных парасткаў. Доказам ліставой прыроды калючак

у гэтым выпадку служыць утварэнне ў іх пазухах пакарочанага парастка з нармальным лісцем, а часам і з суквеццямі.

Калючкі караганніку дрэвападобнага і агрэсту ўяўляюць сабой відазмененыя прылісткі, якія размяшчаюцца парамі каля асновы чаранка.

У чартапалоху, бадзяку ў калючкі пераўтвараюцца канчаткі жылак ліста.

Пры пераўтварэнні ліста ў калючкі паніжаюцца функцыя фотасінтэзу да мінімуму і транспірацыя. У многіх раслін калючкі выконваюць ахоўную функцыю.

У *вусікі* могуць пераўтварацца розныя часткі ліста. У струкавых адзін або некалькі канчатковых лісткоў складанага ліста маюць форму вусікаў (віка, гарох, гарошак, чына). У гэтым выпадку фотасінтэзуючая паверхня ліста кампенсуецца за кошт павялічаных прылісткаў, якія бяруць на сябе функцыю фотасінтэзу. У чыны балотнай, акрамя таго, фотасінтэзуючая паверхня павялічваецца за кошт крылатых лістападобных вырастаў сцябла.

У некаторых сукулентаў лісце разам з выкананнем сваіх асноўных функцый з'яўляецца ёмішчам запасу вады. Пры гэтым лісце патаўшчаецца, робіцца сакавітым, мясістым за кошт развіцця ваданоснай парэнхімы. Мясістае лісце характэрнае для расходніку едкага, гарлянкі.

Своеасаблівыя відазмяненні ліста ў насякомаедных раслін. Сярод такіх раслін найбольш пашыраныя расіца і плывунец. У расіцы верхняя паверхня ліставой пласцінкі пакрытая залозістымі валаскамі, якія выдзяляюць клейкую вадкасць. Па хімічным складзе гэтая вадкасць блізкая да пепсіну. Дробныя насякомыя, што пападаюць на ліст расянкі, вязнуць у клейкай вадкасці. Акрамя таго, суседнія валаскі прыгінаюцца ў бок насякомага і прыціскаюць яго да ліста. Ферменты, якія выдзяляюцца залозкамі, ператраўляюць тканкі насякомага. Пасля заканчэння працэсу пераграўлення і ўсмоктвання прадуктаў пераграўлення валаскі выпростваюцца, рэшткі насякомага здзьмухваюцца ветрам, і ліст гатовы для лоўлі новай ахвяры.

У плывунцу лоўчы апарат уяўляе сабой празрысты, сціснуты з бакоў пузырок (відазменены ліст). Пузырок сядзіць на ножцы. Ён мае ўваходную адтуліну, якая акружана шчацінкамі і закрываецца клапанам. Клапан адчыняецца толькі ўнутр, і дробныя водныя жывёліны пры націсканні на яго трапляюць у пузырок. На дне пузырка выпрацоўваюцца ферменты, якія пераграўляюць тканкі жывёлін.

Расіца і плывунец пашыраны ў месцах з недахопам мінеральных рэчываў і папаўняюць іх за кошт насякомаеднасці.

МОХАПАДОБНЫЯ

Аддзел Мохападобныя, або імхі (Bryophyta), – старажытныя, найбольш прымітыўныя з вышэйшых раслін, якія зараз жывуць на Зямлі. Выкапнёвыя рэшткі іх знаходзяць у адкладах каменнавугальнага перыяду. Мохападобныя – сляпая галіна эвалюцыі.

Агульная колькасць мохападобных – каля 27 000 відаў, на Беларусі пашырана каля 400 відаў. Імхі сустракаюцца на ўсіх кантынентах: ад нізін да высокіх гор і ад халодных пустынь і тундраў да тропікаў і паўпустынь, акрамя салёных вадаёмаў, ледавікоў і сыпучых пяскоў.

Мохападобныя – гэта невялікія (ад некалькіх міліметраў да некалькіх сантыметраў), пераважна многагадовыя (рэдка аднагадовыя) фотасінтэзуючыя расліны. Будова іх адносна простая. У большасці сучасных мохападобных зялёнае цела раздзелена на сцябло і лісце; у некаторых прымітыўных яно не мае такога расчлянення і ўяўляе сабой слаявішча.

Лістасцябловыя расліны мохападобных маюць шэраг прыкмет, якія адрозніваюць іх ад астатніх вышэйшых раслін. У целе, акрамя асіміляцыйнай, прысутнічаюць правадныя, запасальныя і покрыўныя тканкі. Аднак у адрозненне ад іншых вышэйшых раслін у іх адсутнічаюць сапраўдныя трахеіды, сасуды і механічныя тканкі.

Лісце мохападобных заўсёды сядзячае, бесчаранковае. Пласцінка ліста прымацавана непасрэдна да сцябла. Часцей за ўсё ліст уяўляе сабой аднапластавую пласцінку з жылкай або без яе. Форма ліставой пласцінкі – ад лінейнай да акруглай або нават папярочна-шырокай (калі шырыня перавышае даўжыню).

Ва ўсіх без выключэння мохападобных адсутнічаюць карані. Прымацаванне да субстрату (часткова таксама паглынанне вільгаці) ажыццяўляецца з дапамогай рызоідаў, якія адрозніваюцца ад каранёў як па будове, так і па паходжанні. У лістасцябловых імхоў рызоіды ўяўляюць сабой ніткі з аднаго рада клетак, раздзеленых касымі перагародкамі. У слаяўцовых імхоў рызоіды – гэта выцягнутыя ў даўжыню асобныя клеткі. Усмоктванне вады адбываецца галоўным чынам ніжняй часткай сцябла.

У адрозненне ад іншых вышэйшых раслін у жыццёвым цыкле мохападобных дамінуе гаметафіт (палавое пакаленне), які забяспечвае ўтварэнне гамет і выконвае функцыі фотасінтэзу, водазабеспячэння, мінеральнага жыўлення. Спарафіт абмяжоўваецца спораўтварэннем, прымацаваны да гаметафіту і паразітуе на ім, хоць часам мае і фотасінтэзуючы апарат.

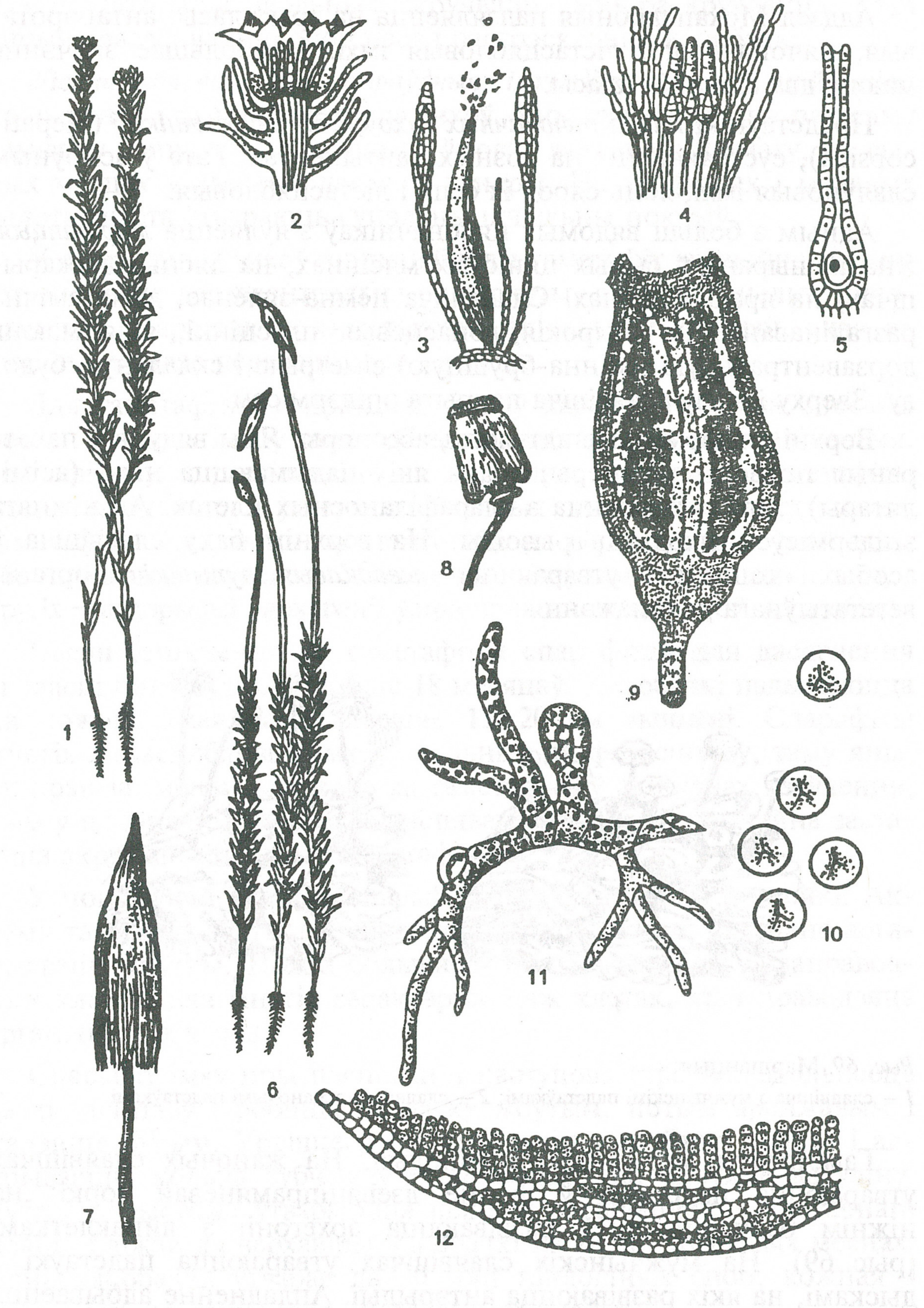
У мохападобных адзначаецца правільнае чаргаванне пакаленняў у цыкле развіцця – спарафіта і гаметафіта. Палавое пакален-

не пачынаецца з прарастання аднаклетачнай споры, з якой развіваецца зялёная мнагаклетачная галінастая ніткаватая або пласціністая пратанема з пупышкамі (рыс. 68). Апошнія прарастаюць у прымацаваныя да субстрату рызоідамі пласціністыя або лістасцябловыя слаявішчы, на якіх групамі ўтвараюцца *гаметангіі* (палавыя органы): жаночыя (архегоніі) і мужчынскія (антэрыдыі). *Архегоніі* — бутэлькападобныя, у сярэдзіне з яйцаклеткай, брушнымі і шыйкавымі канальцавымі клеткамі. *Антэрыдыі* — плоскія прадаўгаватыя або круглаватыя мяшочкі на ножцы, у якіх утвараюцца рухомыя двухжгуцікавыя сперматазоіды.

Мохападобныя могуць быць аднадомныя (жаночыя і мужчынскія гаметангіі развіваюцца на адной расліне), двухдомныя (на розных раслінах) і мнагадомныя (побач з двухдомнымі раслінамі ў аднаго і таго ж віду развіваюцца і аднадомныя). Мохападобныя звычайна растуць буйнымі і дробнымі дзярнінкамі (на пратанеме часта ўтвараюцца шматлікія пупышкі), што дае магчымасць пераносіць неспрыяльныя ўмовы, хутчэй паглынаць і лепш захоўваць вільгаць і забяспечвае палавое размнажэнне, асабліва ў разнаполых формаў, паколькі пры такім росце прасторава набліжаюцца палавыя органы. Пры наяўнасці кропельнавадкай вільгаці сперматазоіды трапляюць у архегоній, і адбываецца апладненне яйцаклеткі. З зіготы (праз тэрмін ад некалькіх месяцаў да двух гадоў) развіваецца спарафіт (спарагон), складзены з каробачкі, ножкі і расшыранай асновы («стапы»), якой ён злучаны з гаметафітам і паглынае з яго ваду і іншыя пажыўныя рэчывы. Каробачку звычайна прыкрывае верхняя частка відазмененага архегонію — *каўпачок.* У каробачцы са спарагеннай тканкі пасля рэдукцыйнага дзялення ўтвараюцца споры. Пры паспяванні каробачка раскрываецца, лёгкія споры высыпаюцца, разносяцца ветрам і трапляюць у глебу. Пры адпаведных умовах яны прарастаюць у пратанемы.

Некаторыя віды мохападобных здольныя доўгі час існаваць без спарафіта; размнажаюцца яны ў такім выпадку вегетатыўна (часткамі расліны — крохкімі сцябламі, галінкамі, лісцем, пупышкамі).

Растуць імхі як на прыродных (глеба, камяні, кара дрэў і кустоў, лісце і сцёблы раслін, гнілая драўніна), так і на антрапагенных (розныя збудаванні, на палях і агародах, у аранжарэях) субстратах, на вогнішчах, у вадаёмах з прэснай вадою. Многія з іх здольныя выносіць неспрыяльныя экалагічныя ўмовы — выганні тэмпературы, вільгаці, святла, мінеральных рэчываў, не трацячы жыццяздольнасці там, дзе іншыя вышэйшыя расліны прыгнечаныя ці не могуць існаваць.



Рыс. 68. Зязюлін мох:

1 — мужчынская расліна; *2* — верхавіна мужчынскай расліны з антэрыдыямі; *3* — антэрыдый з парафізамі; *4* — верхавіна жаночай расліны з архегоніямі; *5* — архегоній; *6* — жаночая расліна са спарагонам; *7* — спарагон з каўпачком; *8* — каробачка без крышачкі (бачны перыстом); *9* — падоўжны разрэз каробачкі; *10* — споры; *11* — пратанема; *12* — папярочны зрэз ліста

Аддзел Мохападобныя падзяляецца на тры класы: антацэротавыя, пячоначныя і лістасцяблоўыя імхі. Найбольшае значэнне маюць два апошнія класы.

Прадстаўнікі *класа пячоначных імхоў,* або *пячоначнікаў* (Hepaticopsida), сустракаюцца на розных кантынентах. Гэта ў асноўным слаяўцовыя імхі, хоць сярод іх ёсць і лістасцяблоўыя.

Адным з больш вядомых пячоначнікаў з'яўляецца *маршанцыя*. Яна пашырана ў сырых цяністых мясцінах, на лясных пажарышчах, па ярах, каляінах. Слаявішча цёмна-зялёнае, дыхатамічна разгалінаванае на шырокія лопасцевыя пласцінкі, якія маюць дорзавентральную (спінна-брушную) сіметрыю і складаную будову. Зверху і знізу слаявішча пакрыта эпідэрмісам.

Верхні эпідэрміс мае адтуліны, або поры. Яны вядуць у паветраныя поласці – камеры, з дна якіх падымаюцца ніткі (асімілятары), што складаюцца з хларафіланосных клетак. Ад ніжняга эпідэрмісу адыходзяць рызоіды. На верхнім баку слаявішча ў асобых «кошыках» утвараюцца *вывадкавыя пупышкі* – органы вегетатыўнага размнажэння.

Рыс. 69. Маршанцыя:
1 — слаявішча з мужчынскімі падстаўкамі; *2* — слаявішча з жаночымі падстаўкамі

Гаметафіты маршанцыі аднаполыя. На жаночых слаявішчах утвараюцца падстаўкі ў форме дзевяціпрамянёвай зоркі; на ніжнім баку прамянёў развіваюцца архегоніі з яйцаклеткамі (рыс. 69). На мужчынскіх слаявішчах утвараюцца падстаўкі з дыскамі, на якіх развіваюцца антэрыдыі. Апладненне адбываецца ў прысутнасці вады. Пасля апладнення з зіготы развіваецца спарафіт – шарападобная каробачка на ножцы, унутры якой утвараюцца споры. У каробачцы ёсць элатэры (спружынкі) – выцягнутыя клеткі, якія служаць для разрыхлення спор пры іх паспяванні. Сценкі элатэраў адчувальныя да змен увільгатнення, у ад-

каз на што яны здольныя скручвацца або раскручвацца. Гэта спрыяе рассейванню спор пасля растрэсквання каробачкі.

Лістасцябловыя, або *сапраўдныя, імхі* (Bryopsida) — найбольш пашыраная і шматлікая група імхоў. Яны сустракаюцца па ўсяму зямному шару, у асаблівасці ва ўмовах халоднага клімату, на сырых месцах у хваёвых лясах, у тундры. На тарфяных і мохавых балотах часта ўтвараюць суцэльны шчыльны покрыў.

У сапраўдных імхоў лістасцябловы гаметафіт звычайна прамастаячы, а не дарзавентральна сплюснуты, як у аблісцелых пячоначнікаў. Нарастаюць яны таксама апікальнай клеткай, якая па форме нагадвае перавернутую піраміду.

Для гаметафітаў сапраўдных імхоў характэрныя два спосабы росту. У адных імхоў гаметафіты прамастаячыя і малагалінастыя, спарафіты ў іх развіваюцца на верхавіне; у другіх — гаметафіты моцна галінуюцца і ўтвараюць бакавыя спарафіты. Такім чынам, гаметафіты ўтвараюць гаметангіі або на верхавіне галоўнай восі, або на бакавых парастках. У некаторых відаў гаметафіты аднаполыя, у другіх — антэрыдыі і архегоніі ўзнікаюць на адной і той жа асобіне.

Пасля ўзнікнення на гаметафітах спарафітам для дасягнення спеласці патрабуецца ад 6 да 18 месяцаў. Каробачкі падымаюцца на ножцы, якая часам дасягае 15—20 см вышыні. Спарафіты многіх лістасцябловых імхоў здольныя да фотасінтэзу, таму яны, як правіла, меней залежаць ад гаметафіта ў адносінах жыўлення, чым у пячоначнікаў (у іх да паспявання спарафіт звычайна застаецца акружаны тканкамі гаметафіта).

У покрыўнай тканцы спарафіта прысутнічаюць вусцейкі. Акрамя таго, спарафіты лістасцябловых імхоў больш складана арганізаваны ўнутры. Ножкі большасці з іх маюць цяж водаправодных клетак; для многіх характэрны цяж клетак, якія праводзяць арганічныя рэчывы.

Спарафіт імху пры паспяванні паступова страчвае здольнасць да фотасінтэзу і робіцца спачатку жоўтым, потым аранжавым і нарэшце бурым. Урэшце рэшт крышачка каробачкі ападае і адкрываецца кольца зубчыкаў — *перыстом,* які акружае адтуліну. Зубцы перыстома ўтвараюцца шляхам расшчаплення клетачнага пласта бліжэй да верхавіны каробачкі па менш трывалых месцах. Адна каробачка ўтварае да 50 млн гаплоідных спор, кожная з якіх здольная даць пачатак новаму гаметафіту.

Спора ўяўляе сабой невялікую клетку з дзвюма абалонкамі. У спрыяльных умовах яна прарастае ў доўгую зялёную галінастую нітку — *прадрасток*, або *пратанему.* Па знешнім выглядзе нагадвае зялёную ніткаватую водарасць. Праз некаторы час на прата-

неме ўтвараюцца пупышкі, якія даюць пачатак новым лістасцябловым экземплярам імху.

Бясполае размнажэнне гэтых імхоў адбываецца шляхам фрагментацыі. Па сутнасці, любая частка гаметафіта, нават стэрыльныя часткі палавых органаў, здольная да рэгенерацыі. Многія віды ўтвараюць выводкавыя пупышкі, якія таксама даюць пачатак гаметафітам.

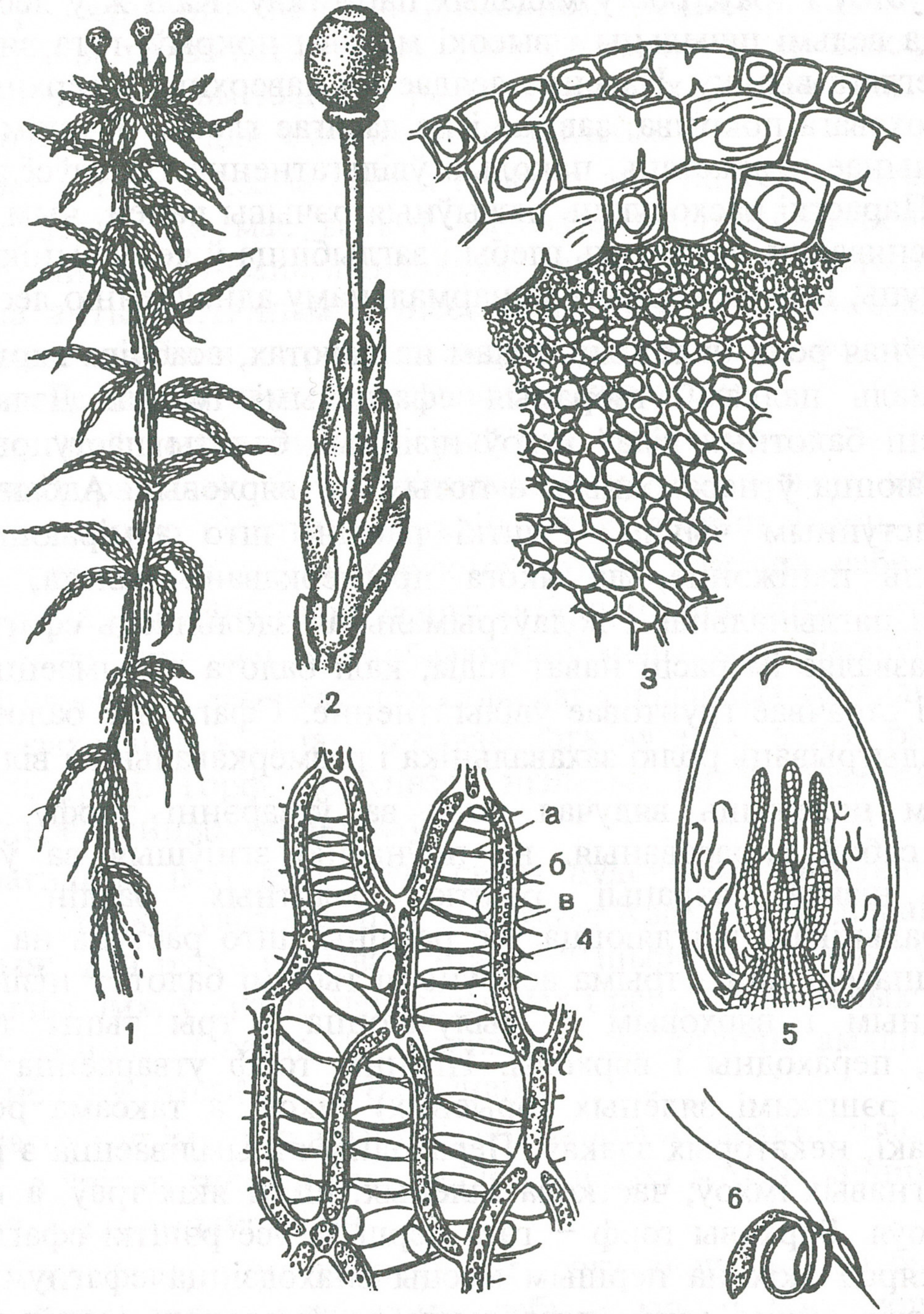
Да сапраўдных імхоў адносяцца рытыдыядэльфус, клімацыум, гілаколіум, плеўрозіум Шрэбера, пціліум перыстагалінасты. Гэтыя імхі часцей за ўсё сустракаюцца ў лясах, на багатых глебах з павышаным увільгатненнем. На сухой пясчанай глебе сустракаюцца дыкранум хвалісты і дыкранум мётлападобны. На сырых глебах у лясах, на балотах і лугах пашыраны зязюлін лён (палітрыхум).

На балотах растуць таксама *сфагнавыя імхі* (Sphagnidae), дзе яны часта ўтвараюць суцэльны покрыў. Усе сфагнавыя імхі маюць даволі аднастайную будову. Яны маюць моцна галінастыя сцёблы, густа пакрытыя дробным лісцем. На вярхушцы галоўнай восі бакавыя галінкі ўтвараюць разетку ў выглядзе галоўкі ныркападобнай формы (рыс. 70). Асаблівасцю сфагнавых імхоў з'яўляецца бесперапыннае нарастанне сцябла верхавінай і адміранне ніжняй часткі. Рызоіды ў іх адсутнічаюць, і паглынанне вады разам з мінеральнымі рэчывамі ажыццяўляецца сцяблом. Лісце гэтых імхоў без сярэдняй жылкі. Яно складаецца з двух тыпаў клетак: жывых — асіміліруючых, доўгіх і вузкіх, з хларапластамі, і мёртвых, без пратапласта. Апошнія лёгка ўбіраюць і доўга ўтрымліваюць ваду. Яны здольныя назапашваць вады ў 30—40 разоў больш за масу самога імху.

Галінкі, што нясуць антэрыдыі, булавападобна ўздутыя, часта ярка афарбаваныя. Архегоніі ўтвараюцца на верхвінцы буйналістых пакарочаных галінак. Каробачкі шарападобныя, бліскучыя, цёмна-бурыя, з невялікім вечкам, без перыстома. Споравы мяшок шапачкападобны.

Сфагнавыя імхі разрастаюцца шчыльнымі дзярнінамі і спрыяюць забалочванню глебы.

Багатае і амаль паўсюднае пашырэнне імхоў сведчыць аб іх вялікай ролі ва ўтварэнні расліннага покрыва. У значнай колькасці яны ўваходзяць у склад першасных раслінных згуртаванняў. У лесе, напрыклад, яны з'яўляюцца піянерамі зарастання разнастайных аголеных незадзернаваных участкаў, перш за ўсё тых, на якіх стаялі паваленыя ветрам дрэвы, а таксама вогнішчаў, пажарышчаў, лясных сцежак. Пры адміранні імхі ўзбагачаюць такія ўчасткі гумусам, актыўна садзейнічаюць хутчэйшаму далучэнню іх да працэсаў, што адбываюцца ў біяцэнозе.



Рыс. 70. Мох сфагнум:

1 — знешні выгляд; *2* — спарагон; *3* — частка папярочнага зрэзу сцябла: бачны многапластавы эпідэрміс з адтулінамі (порамі), адраўнелыя клеткі і стрыжань; *4* — частка ліста (*а* — ваданосная клетка; *б* — пора; *в* — хларафіланосная клетка); *5* — група архегоніяў; *6* — сперматазоід

У шмат якіх выпадках лістасцябловыя імхі фарміруюць больш-менш магутны суцэльны або амаль суцэльны покрыў вышынёй да 15—20 см. Такі покрыў засцяняе глебу, памяншае размах і хуткасць хістанняў, асабліва сутачных, тэмпературы, вільготнасці, асвятлення ў прыглебавым пласце, паветра. А гэта ў сваю чаргу паляпшае ўмовы для захавання і прарастання насення

дрэў, кустоў і траў, росту маладых парасткаў. Калі ж у лесе развіваецца вельмі шчыльны і высокі мохавы покрыў, гэта вядзе да процілеглага выніку. Насенне асядае на паверхні і ў верхняй частцы мохавага покрыва, завісае і не дасягае глебы. У такім стане яно пачынае прарастаць, паколькі ўвільгатненне тут заўсёды высокае. Парасткі расходуюць пажыўныя рэчывы раней, чым іх карані паспяваюць дасягнуць глебы і заглыбіцца ў яе, у выніку чаго яны гінуць, што перашкаджае нармальнаму аднаўленню лесу.

Галоўная роля належыць імхам на балотах, асабліва вярховых, якія амаль цалкам утвораныя сфагнавымі імхамі. Дзякуючы дзейнасці балотных відаў імхоў нізінныя балоты паступова ператвараюцца ў пераходныя, а потым і ў вярховыя. Адбываецца гэта наступным чынам. Рэшткі раслін, што адміраюць, запаўняюць паніжэнне, да якога прымеркавана балота, а велізарная паглынальная і водаўтрымальная здольнасць сфагнавых імхоў дазваляе ім расці нават тады, калі балота падымаецца над глебай і страчвае грунтовае ўвільгатненне. Сфагнавае балота пачынае адыгрываць ролю захавальніка і размеркавальніка вільгаці.

Імхам належыць вядучая роля ва ўтварэнні торфу. Торф уяўляе сабой спрасаваныя, не поўнасцю згніўшыя ва ўмовах вельмі нізкай аэрацыі рэшткі балотных раслін. Торфаўтваральнікамі з'яўляюцца ўсе расліны, што растуць на балоце. У адпаведнасці з трыма асноўнымі тыпамі балот — нізінным, пераходным і вярховым — вылучаюцца і тры тыпы торфу: нізінны, пераходны і вярховы. Нізінны торф утвараецца ў асноўным рэшткамі зялёных (брыевых) імхоў, а таксама розных відаў асакі, некаторых злакаў. Пераходны атрымліваецца з рэшткаў сфагнавых імхоў, часткова зялёных, шмат якіх траў, а таксама кустоўя. Вярховы торф — гэта перш за ўсё рэшткі сфагнавых імхоў, сярод якіх на першым месцы знаходзіцца сфагнум фускум — важнейшы торфаўтваральнік ва ўмераных і паўночных шыротах. Усяго на вярховых балотах сустракаецца 10—12 відаў сфагнаў, у тым ліку такія, як сфагнум магеланскі, с. буры, с. вастраканцовы, с. чырванаваты, с. атагнуты і інш. Акрамя сфагнаў, у вярховым торфе сустракаюцца рэшткі падвею, балотнага мірта, верасу, імшарніцы, буякоў, журавін, багнаўкі.

На Беларусі балоты займаюць каля 2,5 млн га з запасам торфу-сырцу каля 31 млрд м^3.

Торф мае вельмі шырокае і разнастайнае выкарыстанне. Перш-наперш гэта паліва, прытым з даволі высокай цеплатворнай здольнасцю, якая вышэй, чым у драўніны, хоць і ніжэй, чым у бурага вугалю.

Торф з'яўляецца таксама ўгнаеннем, вельмі важным і каштоўным для падзолістых глеб. Для ўгнаення торф выкарыстоўваюць у чыстым выглядзе, у розных сумесях і кампостах. Ён выкарыстоўваецца і для мульчыравання глебы.

Торф – гэта таксама добры падсціл для ўсіх сельскагаспадарчых жывёлін. Ён мае вельмі высокую вільгацеёмістасць, цеплаізаляцыйную і газапаглынальную здольнасць, характарызуецца таксама антысептычнымі і інсектыцыднымі ўласцівасцямі. Гэта засцерагае жывёлін ад розных хвароб, у тым ліку і вельмі небяспечных, не дае магчымасці развівацца паразітам.

Торф з'яўляецца важнай крыніцай сыравіны для атрымання карысных рэчываў. З яго атрымліваюць этылавы і метылавы спірт, воцатную кіслату, нафталін, воск, дзёгаць і інш. Некаторыя з гэтых рэчываў выкарыстоўваюцца самі па сабе, іншыя з'яўляюцца сыравінай для здабычы больш каштоўных прадуктаў, якія ў сваю чаргу выкарыстоўваюцца ў медыцыне, парфумерыі, у якасці кармавых дадаткаў для сельскагаспадарчых жывёлін і г. д. Торф уваходзіць у склад актываванага вугалю, з яго рыхтуюць лекавыя гразі. Торф, асабліва з нізінных балот, ідзе на выраб торфаперагнойных гаршочкаў.

Сфагнавыя імхі дзякуючы сваім цудоўным паглынальным і антысептычным уласцівасцям выкарыстоўваюцца як перавязачны матэрыял для ран і нарываў. Асабліва шырока выкарыстоўваліся сфагнавыя імхі ў якасці перавязачных і раназагойваючых сродкаў падчас войнаў. Праўда, у цяперашні час сфагны амаль цалкам выцеснены ў гэтым сэнсе бавоўнай.

Сфагнавыя імхі выкарыстоўваюцца для захавання пладоў і насення, а ўвільготненыя імхі – для ўпакоўкі і транспарціроўкі чаранкоў і саджанцаў раслін.

Імхі ўплываюць на мікраклімат, рэгулююць водны баланс на значнай тэрыторыі, ахоўваюць глебу ад эрозіі, з'яўляюцца добрымі індыкатарамі экалагічнага становішча той ці іншай мясцовасці.

Мохавы покрыў, складзены сфагнавымі імхамі, мае і адмоўнае значэнне, паколькі садзейнічае забалочванню лесу і сельскагаспадарчых зямель, пагаршае якасць лугоў.

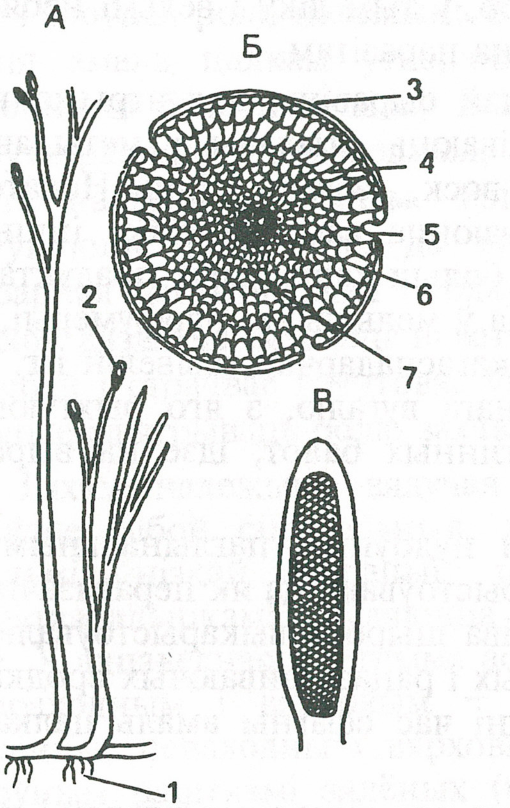
РЫНІЯФІТЫ

Аддзел Рыніяфіты (Rhyniophyta) – гэта першыя наземныя сасудзістыя расліны, якія жылі на Зямлі больш 400 млн гадоў таму і да пачатку каменнавугальнага перыяду вымерлі. Выкапнёвыя рэшткі гэтых раслін былі знойдзены ў крамяністых пародах

ніжнедэвонскіх адкладаў каля вёскі Райні, што ў Шатландыі (на лацінскай мове назва вёскі вымаўляецца як Рыніэ (Rhynie), ад чаго і паходзіць назва гэтага аддзела і асобнага прадстаўніка.

Аддзел уключае споравыя расліны, якія ўяўляюць сабой простыя, дыхатамічна разгалінаваныя восі з верхавінкавымі спарангіямі. Дыферэнцыроўка на карані, сцёблы і лісце адсутнічала.

Найбольш вядомым прадстаўніком рыніяфітаў з'яўляецца рынія. Гэта, верагодна, балотная расліна. Для яе характэрна бязлістае сцябло (тэлом), якое дыхатамічна галінуецца (рыс. 71). Сцябло ўтварылася на карэнішчы з пучкамі водапаглынальных рызоідаў. Надземныя сцёблы рыніі вышынёй 20—50 см і шырынёй 3—6 мм былі пакрытыя кутыкулай і з'яўляліся фотасінтэзуючым органам.



Рыс. 71. Рынія:
А — спарафіт; *Б* — тэлом (папярочны зрэз); *В* — спарангій (падоўжны разрэз); *1* — рызоіды; *2* — спарангій; *3* — эпідэрміс; *4* — кара; *5* — вусцейка; *6* — ксілема; *7* — флаэма

Па ўнутранай будове рынія нагадвае сучасныя сасудзістыя расліны. Адзіны пласт паверхневых клетак — эпідэрміс — абмяжоўваў асіміляцыйную тканку кары сцябла. Цэнтр восі складаўся з суцэльнага цяжа ксілемы, які быў акружаны двума пластамі клетак, магчыма, флаэмы. Ксілема была складзена трахеідамі з кольчатымі патаўшчэннямі абалонак. На верхавіне восі развіваліся спарангіі.

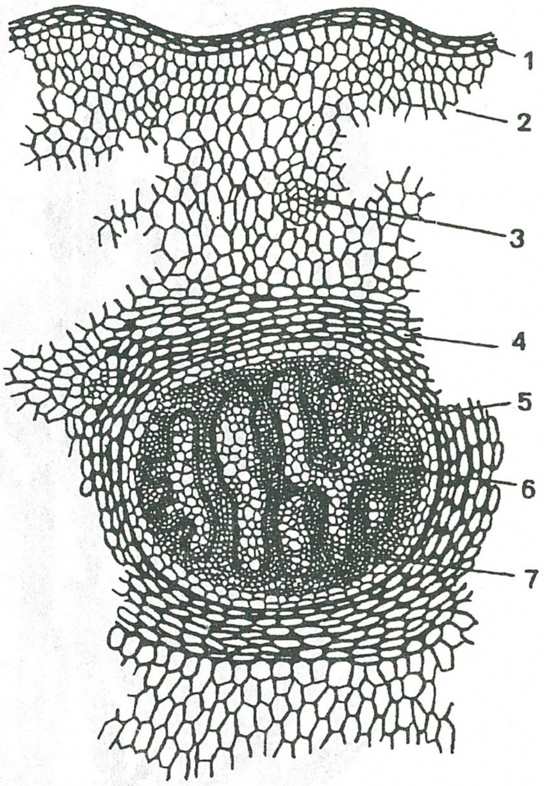
ДЗЕРАЗАПАДОБНЫЯ

Аддзел Дзеразападобныя (Lycopodiophyta) — найбольш старажытныя з сучасных вышэйшых раслін. Выкапнёвыя рэшткі дзеразападобных вядомы з сілурыйскага перыяду палеазойскай эры.

У каменнавугальным перыядзе яны дасягаюць свайго росквіту і прадстаўлены як дрэвападобнымі, так і травяністымі формамі. У гэты перыяд пашыраны лускадрэвы і сігілярыя — буйныя расліны, да 30 м вышынёй.

Сучасныя дзеразападобныя – у асноўным травяністыя расліны. Аддзел уключае каля 1200 відаў, пашыраных па ўсім зямным шары, асабліва ў трапічных і субтрапічных лясах. На Беларусі знаходзіцца сем відаў.

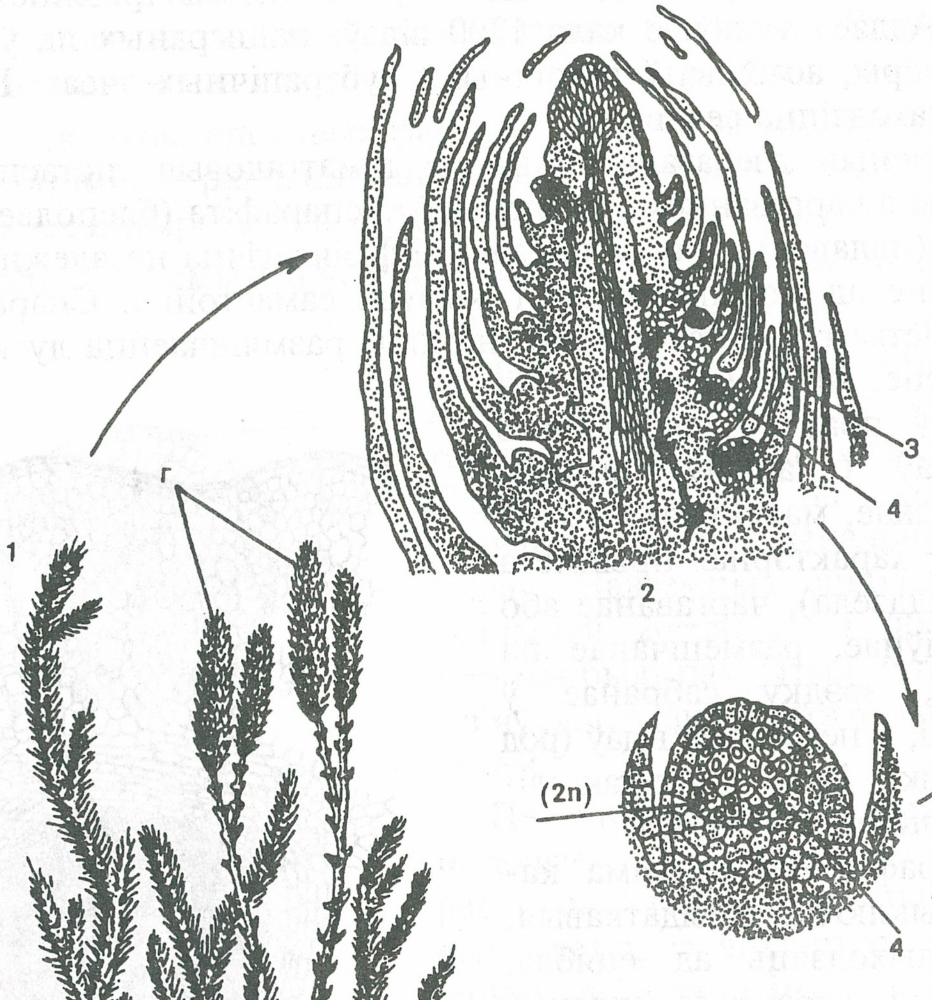
Сучасныя дзеразападобныя – шматгадовыя лістасцябловыя расліны з чаргаваннем пакаленняў – спарафіта (бясполае) і гаметафіта (палавое). Абодва пакаленні фізіялагічна незалежныя ў адрозненне ад мохападобных і жывуць самастойна. Спарафіт мае травяністае суцэльнае сцябло, на якім размяшчаецца лускападобнае лісце. Лісце (філоіды) узнікла ў працэсе эвалюцыі з вырастаў (энацыяў) сцябла. Яно вузкае, маленькае (мікрафілія – характэрная прыкмета ўсяго аддзела), чаргаванае або супраціўнае, размешчанае па спіралі, зрэдку сабранае ў кальчакі; у некаторых відаў (род палушнік) ёсць прыдатак ліста – *язычок,* або *лігула*.



Рыс. 72. Сцябло дзеразы:
1 — эпідэрміс; *2* — парэнхіма кары; *3* — ліставы след; *4* — механічная тканка; *5* — эндадэрма; *6* — ксілема; *7* — флаэма

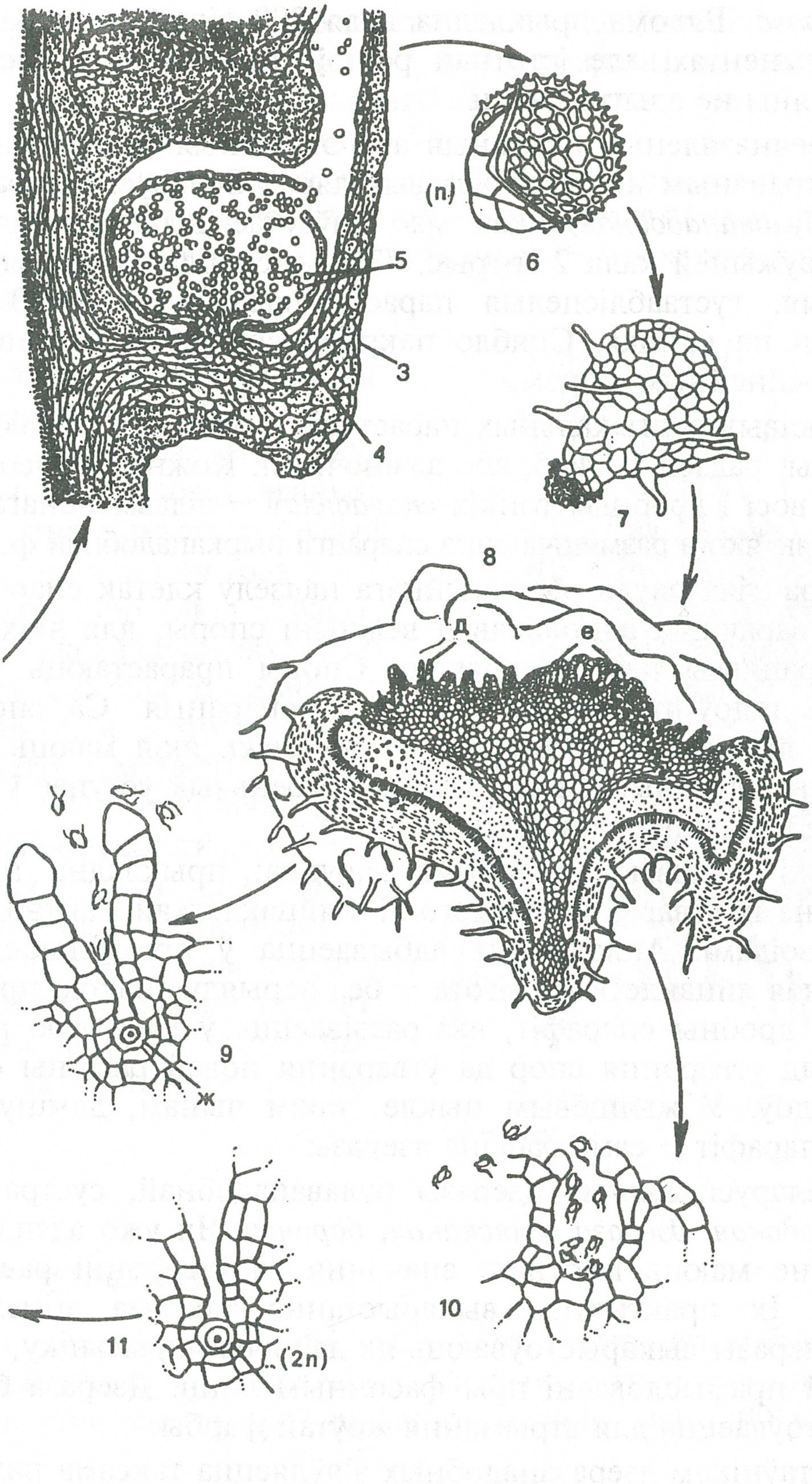
Спарафіт мае таксама карані, выключна прыдаткавыя, якія адыходзяць ад сцябла. Сцябло і карані галінуюцца дыхатамічна. У дзеразападобных ёсць флаэма і ксілема (рыс. 72).

Размнажаюцца дзеразападобныя спорамі. Адрозніваюць раўнаспоравыя (дзярэзы) і разнаспоравыя (палушнікі) формы. Спарангіі размяшчаюцца ў пазухах спарафілаў (спарангіяноснае лісце) або прырастаюць да іх асновы. Спарафілы часцей за ўсё сабраныя ў верхавінкавыя спараносныя парасткі – *стробілы (каласкі)*. Споры звычайна з патоўшчанай сеткаватай абалонкай; мікраспоры драбнейшыя за макраспоры і іх звычайна значна больш. Са споры развіваецца гаметафіт (зарастак). У многіх раўнаспоравых дзеразападобных гаметафіты падземныя, масіўныя, клубнепадобныя, бесхларафілавыя, двухполыя. З грыбамі яны ўтвараюць мікарызу. Гаметафіты разнаспоравых дзеразападобных моцна рэдукаваныя, аднаполыя, недаўгавечныя.



Рыс. 73. Дзераза булавападобная:

1 — дарослая дзераза (спарафіт): *а* — карані; *б* — надземнае сцябло; *в* — лісце; *г* — стробілы; *2* — стробіл; *3* — спарафіл; *4* — спарангій; *5* — споры; *6* — спора, што прарастае; *7* — малады гаметафіт; *8* — гаметафіт з архегоніямі (*д*) і антэрыдыямі (*е*); *9* — архегоній з яйцаклеткай (*ж*); *10* — антэрыдый са сперміямі; *11* — зігота; *12* — зарастак з маладым спарафітам



Рыс. 73. Заканчэнне

Аддзел Дзеразападобныя падзяляюць на два класы: дзеразовыя (Lycopodiopsida) і палушнікавыя (Isoëtopsida).

Найбольш вядомымі з сучасных дзеразовых з'яўляюцца віды роду *дзераза*. Вядома прыкладна каля 200 відаў, пашыраных на ўсіх кантынентах, але істотнай ролі ў фарміраванні расліннага покрыва яны не адыгрываюць.

Гэта вечназялёныя наземныя або эпіфітныя мнагалетнія расліны. У травяным покрыве хваёвых лясоў Беларусі сустракаецца *дзераза булавападобная,* якая мае паўзучае відкавата-галінастае сцябло даўжынёй каля 2 м (рыс. 73). Ад сцябла адыходзяць вертыкальныя, густаабліссцелыя парасткі вышынёй 20–30 см са стробіламі на канцах. Сцябло пакрыта спіральна размешчаным ланцэтна-лінейным лісцем.

На бакавых вертыкальных парастках звычайна ўтвараюцца па 2 стробілы, радзей па 4–5, або адзіночныя. Кожны каласок складаецца з восі і дробных тонкіх *спарафілаў* – відазмененага лісця, каля асновы якога размяшчаюцца спарангіі ныркападобнай формы.

У спарангіях пасля рэдукцыйнага падзелу клетак спарагеннай тканкі ўтвараюцца аднолькавай велічыні споры, для якіх характэрны працяглы перыяд спакою. Споры прарастаюць у глебе праз 3–8 гадоў пасля высыпання са спарангія. Са спор развіваюцца двухполыя гаметафіты – *зарасткі*, якія маюць выгляд маленькага клубеньчыка (да 5 мм). Клубеньчык уступае ў сімбіёз з грыбамі і жывіцца сапрафітна.

Зарасткі развіваюцца вельмі марудна; прыкладна праз 6–15 гадоў на іх утвараюцца архегоніі з яйцаклеткай і антэрыдыі са сперматазоідамі. Апладненне адбываецца ў прысутнасці вады. Апладнёная яйцаклетка – зігота – без перыяду спакою прарастае і ўтварае дробны спарафіт, які развіваецца ў дарослую расліну. Перыяд ад утварэння спор да ўтварэння новай расліны складае 12–18 гадоў. У жыццёвым цыкле, такім чынам, дамінуе дыплоідны спарафіт – сама расліна дзеразы.

На Беларусі, акрамя дзеразы булавападобнай, сустракаюцца *дзераза гадавая, дзераза сплясканая, баранец.* Як ужо адзначалася, дзярэзы не маюць істотнага значэння ва ўтварэнні расліннага покрыва. Іх практычнае выкарыстанне таксама абмежавана. Споры дзеразы выкарыстоўваюць як дзіцячую прысыпку, у металургічнай прамысловасці пры фасонным ліцці. Дзераза баранец выкарыстоўваецца для атрымання жоўтай фарбы.

Прадстаўніком дзеразападобных з'яўляецца таксама палушнік. Віды гэтага роду водныя або пашыраныя ў сезонна ўвільготненых месцах, якія перасыхаюць у пэўны час года. Спарафіт палушніку ўяўляе сабой кароткае мясістае падземнае сцябло (клубнецыбуліна, або рызафор), якое нясе на верхняй паверхні лісце, а на ніжняй – прыдатковыя карані (рыс. 74). Лісце ў ніж-

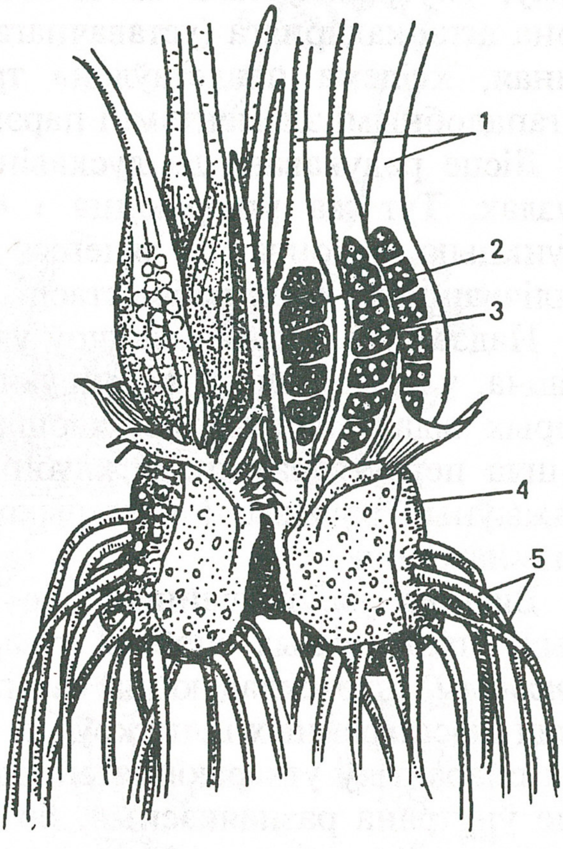
няй частцы вельмі расшыранае, а кверху шылападобна звужанае. Размяшчаецца яно на сцябле ў такой паслядоўнасці: звонку вегетатыўнае лісце, потым лісце з макраспарангіямі (макраспарафілы), далей — з мікраспарангіямі (мікраспарафілы) і ўнутры, бліжэй да цэнтра, зноў вегетатыўнае лісце.

Увосень лісце са спарангіямі ападае, застаецца толькі вегетатыўнае; на наступны год на вонкавым вегетатыўным лісці ўтвараюцца макраспарангіі, а на ўнутраным — мікраспарангіі; у цэнтры сцябла вырастае новае вегетатыўнае лісце. Споры прарастаюць на наступны год, пасля выспявання.

Гаметафіты (зарасткі) мікраскапічныя, рэдукаваныя, развіваюцца ўнутры споравай абалонкі на працягу года.

З макраспор (якія ўтварыліся ў макраспарангіях) развіваецца жаночы гаметафіт з архегоніямі, а з мікраспор — мужчынскі гаметафіт з антэрыдыем. У архегоніях фарміруецца яйцаклетка, а ў антэрыдыях — чатыры шматжгуцікавыя сперматазоіды.

Пасля апладнення з зіготы развіваецца малады спарафіт, які доўга застаецца прымацаваным да жаночага гаметафіта.



Рыс. 74. Палушнік (падоўжны разрэз, схематычна):
1 — лісце; *2* — мікраспарангій; *3* — макраспарангій; *4* — рызафор; *5* — карані

ХВОШЧАПАДОБНЫЯ

Хвошчападобныя (Equisetophyta), як і дзеразападобныя, вядомы яшчэ з дэвонскага перыяду, але росквіту і вялікай разнастайнасці яны дасягаюць у палеазоі пазней, каля 300 млн гадоў таму.

У познім дэвоне і каменнавугальным перыядзе хвошчападобныя былі прадстаўлены каламітамі — дрэвамі, што дасягалі ў вышыню 15 м са стваламі больш за 20 см таўшчынёй. Вымерлыя хвошчападобныя разам з іншымі раслінамі ўтварылі адклады каменнага вугалю.

Сучасныя хвошчападобныя прадстаўлены адзіным родам *хвошч*, які ўключае каля 30 відаў (клас хвашчовыя – Equisetopsida). На Беларусі знаходзіцца 8 відаў.

Усе віды хвашчу – травяністыя расліны. Яны сустракаюцца ў вільготных і балоцістых мясцінах, каля рэк, на ўзлесках.

Сцябло ў хвашчоў з выразнай метамерыяй, г. зн. з чаргаваннем вузлоў і міжвузелляў (рыс. 75). Сцёблы даволі жорсткія дзякуючы адкладванню ў абалонках эпідэрмальных клетак крэмнязёму, унутры пустыя. Каля асновы міжвузелляў размяшчаецца зона інтэркалярнага (уставачнага) росту. Праводная сістэма складаная, ксілема прадстаўлена трахеідамі і сасудамі, флаэма – сітападобнымі элементамі і парэнхімнымі клеткамі.

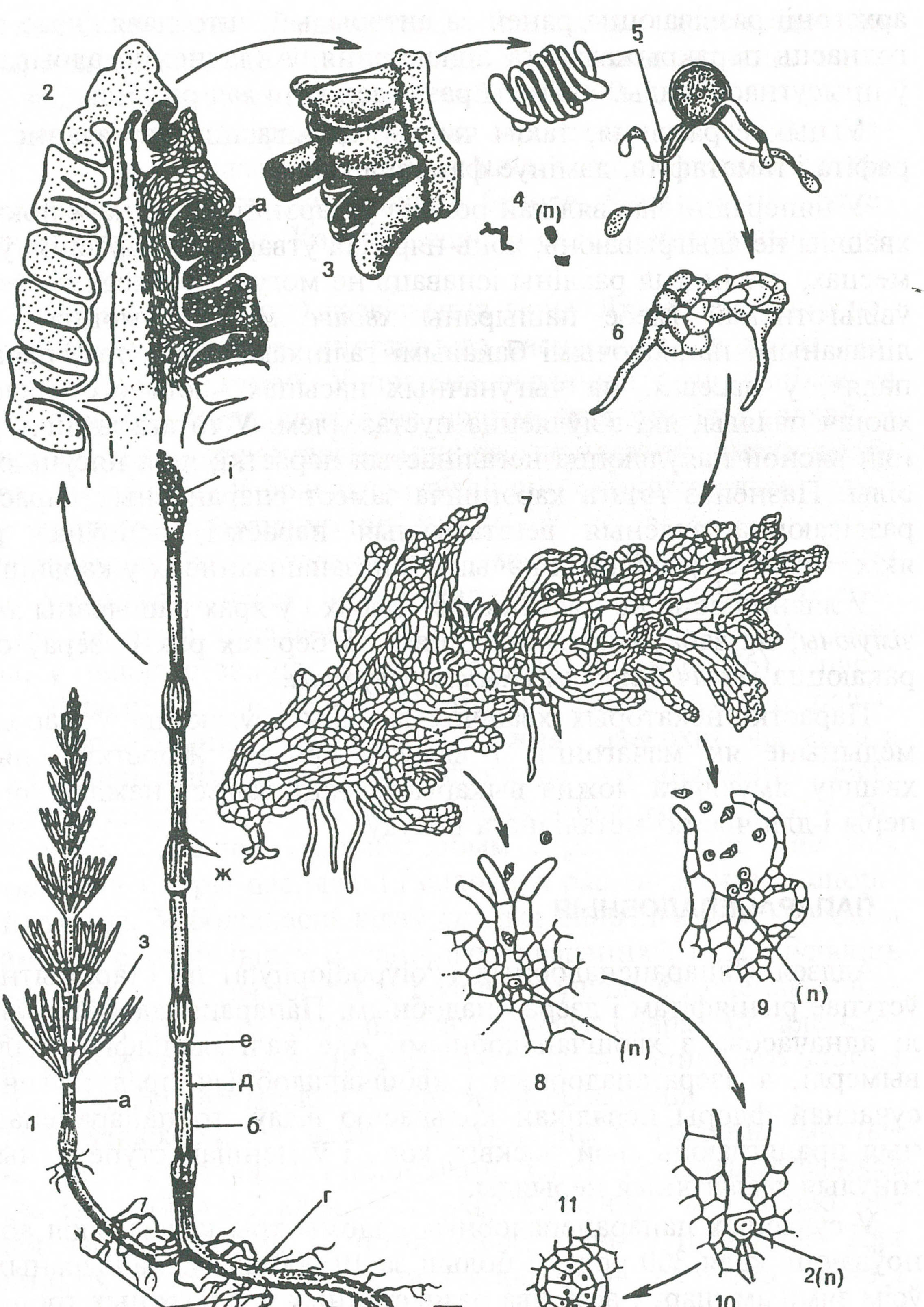
Лісце рэдукавана да лускавінак і размяшчаецца кальчакамі ў вузлах. Тут жа ўтвараюцца і бакавыя галіны. Асіміляцыйную функцыю выконваюць зялёныя сцёблы, паверхня якіх можа павялічвацца за кошт рабрыстасці.

Падземная частка хвашчоў уяўляе сабой моцна развітае карэнішча, у вузлах якога фарміруюцца прыдаткавыя карані. У некаторых відаў (напрыклад, хвошч палявы) бакавыя галіны карэнішча пераўтвараюцца ў клубні, у якіх адкладваюцца запасныя пажыўныя рэчывы, і яны выконваюць функцыю вегетатыўнага размнажэння.

Вясною на звычайных або спецыялізаваных (бесхларафільных) спараносных сцяблах утвараюцца верхавінкавыя каласкі – *стробілы,* што складаюцца са спарафілаў. Спарафілы маюць выгляд шасціграных шчыткоў, на якіх утвараюцца спарангіі. Унутры спарангіяў утвараюцца споры аднолькавай формы і велічыні, але ўнутрана разнаякасныя, бо пры прарастанні яны ўтвараюць мужчынскія, жаночыя і двухполыя гаметафіты.

Спора ўяўляе сабой клетку шарападобнай формы, пакрытую трыма абалонкамі. Вонкавая абалонка мае выгляд дзвюх спіральна закручаных стужак з лыжкападобнарасшыранымі канцамі – *элатэрамі.* Элатэры садзейнічаюць разрыхленню спор і счапленню іх у невялікія камячкі. Групавое распаўсюджванне спор садзейнічае таму, што пры іх прарастанні разнаполыя зарасткі аказваюцца побач і гэта аблягчае апладненне.

Зарасткі (гаметафіты) хвашчоў зялёныя, маюць выгляд невялікай лопаснай пласцінкі памерам са шпілечную галоўку з рызоідамі на ніжняй паверхні. Гаметафіты дасягаюць палавой спеласці праз 3–5 тыдняў. Мужчынскія гаметафіты меншыя за жаночыя і нясуць па краях лопасцей антэрыдыі з мнагажгуцікавымі сперматазоідамі. На жаночых гаметафітах у сярэдняй частцы іх развіваюцца архегоніі з яйцаклеткай. На двухполых гаметафітах



Рыс. 75. Хвошч палявы:

1 — дарослы спарафіт: *а* — летні, *б* — вясенні парасткі; *в* — карані; *г* — карэнішча; *д* — міжвузелле; *е* — вузел; *ж* — лісце; *з* — галінкі; *і* — спараносны каласок (стробіл); *2* — стробіл (*а* — спарагенная тканка); *3* — спарангіяфор са спарангіямі; *4* — споры; *5* — элатэры; *6* — малады гаметафіт; *7* — гаметафіт з архегоніямі і антэрыдыямі; *8* — архегоній з яйцаклеткай; *9* — антэрыдый са сперматазоідамі; *10* — зігота; *11* — малады гаметафіт

архегоніі развіваюцца раней за антэрыдый, што павялічвае верагоднасць перакрыжаванага апладнення. Апладненне адбываецца ў прысутнасці вады. З зіготы развіваецца новая расліна.

У цыкле развіцця, такім чынам, адбываецца чаргаванне спарафіта і гаметафіта, дамінуе фаза спарафіта.

У цяперашні час вялікай ролі ва ўтварэнні расліннага покрыва хвашчы не адыгрываюць, хоць нярэдка ўтвараюць зараснікі ў тых месцах, дзе іншыя расліны існаваць не могуць. У лясах на вельмі ўвільготненай глебе пашыраны *хвошч лясны* з моцна разгалінаванымі панікаючымі бакавымі галінкамі. На лугах, паравых палях, у пасевах, на чыгуначных насыпах часта сустракаецца хвошч палявы, які з'яўляецца пустазеллем. У гэтага хвашчу ранняй вясной паяўляюцца негалінастыя парасткі, якія нясуць стробілы. Пазней з гэтага карэнішча замест спараносных парасткаў развіваюцца зялёныя вегетатыўныя парасткі, асноўная роля якіх — сінтэз арганічных рэчываў і назапашванне іх у карэнішчы.

Уляснай зоне на пясчаністых глебах і ў ярах пашыраны *хвошч зімуючы*, на забалочаных мясцінах, па берагах рэк і азёраў сустракаюцца *хвошч балотны і хвошч прырэчны*.

Парасткі некаторых хвашчоў выкарыстоўваюцца ў народнай медыцыне як мачагонны і вяжучы сродак. Жорсткія сцяблы хвашчу зімуючага можна выкарыстоўваць замест наждачнай паперы і для чысткі металічнага посуду.

ПАПАРАЦЕПАДОБНЫЯ

Аддзел Папарацепадобныя (Polypodiophyta) па старажытнасці ўступае рыніяфітам і дзеразападобным. Папарацепадобныя ўзніклі адначасова з хвошчападобнымі. Але калі рыніяфіты цалкам вымерлі, а дзеразападобныя і хвошчападобныя прадстаўлены ў сучаснай флоры невялікай колькасцю відаў, то папарацепадобныя працягваюць свой росквіт, хоць і ў меншай ступені, чым у мінулыя геалагічныя перыяды.

У сучасных папарацепадобных вядомы тры класы, якія аб'ядноўваюць каля 300 родаў і больш за 10 000 відаў, пашыраных па ўсім зямным шары, асабліва разнастайных у вільготных тропіках. На Беларусі каля 20 відаў.

Большасць сучасных папарацепадобных — наземныя мнагалетнія травяністыя расліны, якія сустракаюцца ў самых разнастайных умовах. Папараці ўмеранай зоны паўночнага паўшар'я растуць у вільготных цяністых лясах, на ўзлесках, ля кустоў і па ярах, балоцістых лугах, балотах, па берагах рэк і азёраў. Сярод папарацепадобных ёсць таксама водныя расліны. У тропіках і

субтропіках, акрамя травяністых, пашыраны дрэвападобныя формы, ліяна і эпіфіты. Дрэвападобныя формы дасягаюць часам 25 м у вышыню і маюць дыяметр сцябла каля 0,5 м.

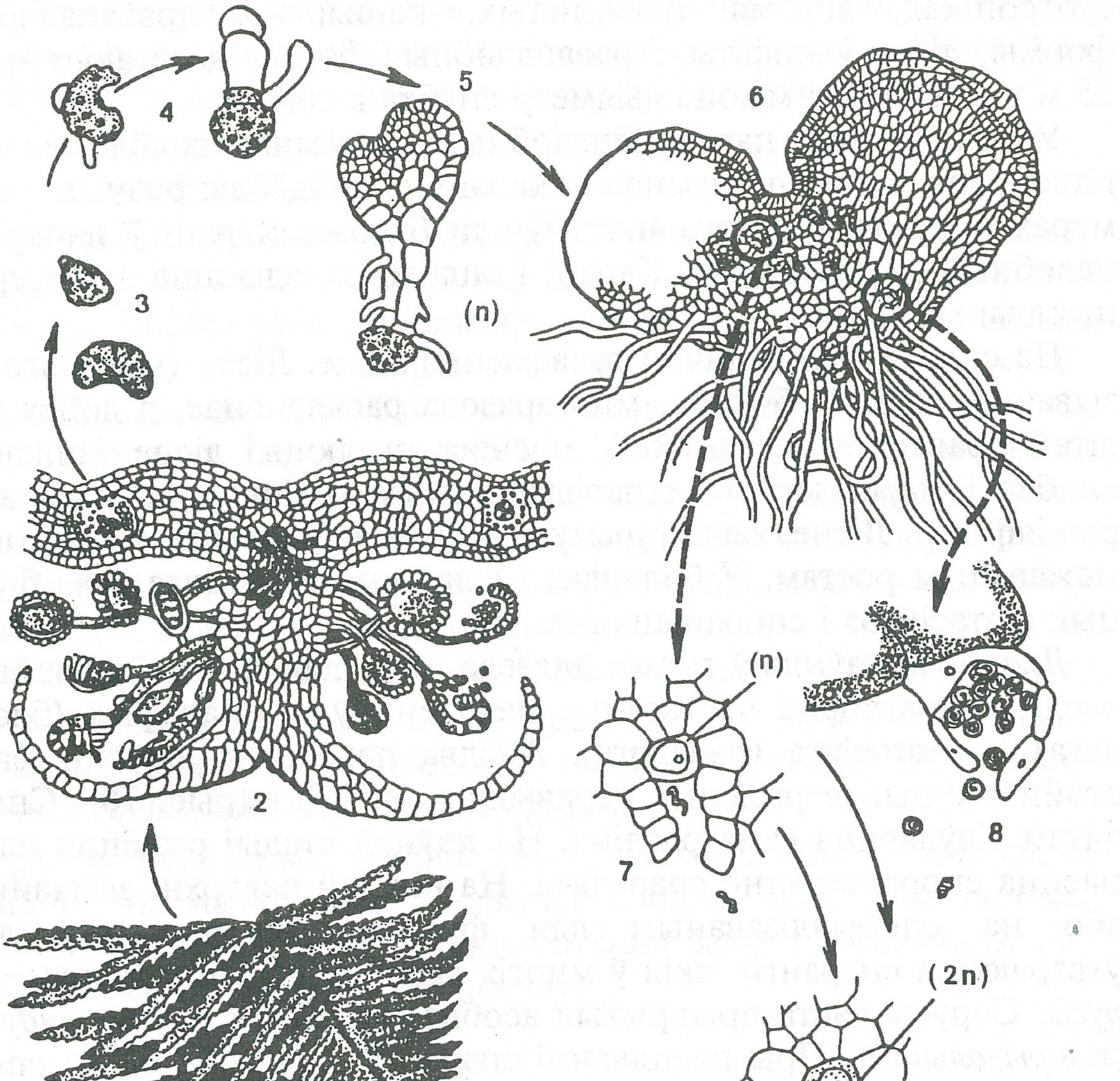
У травяністых папарацепадобных надземнае сцябло не развітае, ёсць толькі падземнае – карэнішча. Сцёблы розныя па памерах, характару росту, анатамічнай будове. Карані ў папарацепадобных прыдаткавыя. Карані і сцябло складаюцца з дыферэнцыраваных тканак.

На сцябле (карэнішчы) развіваецца лісце. Лісце (часта яго называюць вайямі) буйное, многаразова расчлененае, з добра развітай правадной сістэмай. У працэсе эвалюцыі лісце ўзнікае са сцябла і марфалагічна адпавядае цэлым галінкам іх продкаў – рыніяфітаў. Лісце характарызуецца верхавінкавым, амаль неабмежаваным ростам. У большасці відаў яно сумяшчае дзве функцыі: фотасінтэз і споранашэнне.

Для прадстаўнікоў гэтага аддзела, як і для іншых вышэйшых раслін, характэрна чаргаванне пакаленняў – спарафіта (бясполага) і гаметафіта (палавога). Абодва пакаленні існуюць самастойна, у цыкле развіцця перавышае спарафіт (рыс. 76). Спарафітам з'яўляецца сама расліна. На пэўнай стадыі развіцця пачынаецца споранашэнне спарафіта. На ніжняй паверхні звычайнага або на спецыялізаваным для функцыі размнажэння лісці ўтвараюцца спарангіі, якія ў многіх відаў сабраныя ў групы – *сорусы*. Сорусы часта прыкрытыя асобым вырастам ліста – *індузіем (пакрывальцам)*. Пры паспяванні спарангіі раскрываюцца і споры рассейваюцца. У большасці відаў спелыя спарангіі ўскрываюцца з дапамогай спецыяльных механічных утварэнняў, якія ўяўляюць сабой кольца – групы клетак з рознай таўшчынёй сценак у выглядзе вузкай паласы. Гэтая паласа апаясвае спарангій, але часцей не змыкаецца. Калі кольца падсыхае, у свабоднай яго частцы сценкі спарангія разрываюцца і споры высыпаюцца.

Споры ўтвараюцца ў выніку рэдукцыйнага дзялення матчыных клетак і з'яўляюцца гаплоіднымі. Спор утвараецца вялікае мноства (звычайна некалькі дзесяткаў мільёнаў), але толькі нязначная частка трапляе ў спрыяльныя ўмовы і прарастае. Для прарастання спор, акрамя вільгаці і цяпла, патрабуецца яшчэ і святло. Споры прарастаюць у *зарасткі (гаметафіты)*.

Адрозніваюць раўна- і разнаспоравыя формы. У *раўнаспоравых* споры аднолькавыя, і з іх развіваюцца двухполыя гаметафіты. У *разнаспоравых* фарміруюцца споры двух тыпаў: макра- і мікраспоры, з якіх развіваюцца адпаведна аднаполыя жаночыя і мужчынскія гаметафіты. Сярод папарацепадобных пераважаюць раўнаспоравыя прадстаўнікі.



Рыс. 76. Жыццёвы цыкл папараці:

1 — дарослы спарафіт (*а* — сорусы на лісці); *2* — сорус у разрэзе; *3* — споры; *4* — споры, што прарастаюць; *5* — малады гаметафіт; *6* — спелы гаметафіт (зарастак) з архегоніямі і антэрыдыямі; *7* — архегоній з яйцаклеткай; *8* — антэрыдый са сперматазоідамі; *9* — зігота; *10, 11* — малады спарафіт

Гаметафіты раўнаспоравых папарацепадобных адрозніваюцца вялікай разнастайнасцю. Яны звычайна дробныя, не болей 0,5 см у папярочніку, рознай формы (пласціністыя, сэрцападобныя, ніткаватыя і інш.), наземныя, зялёныя або бесхларафільныя, падземныя, якія ўступаюць у сімбіёз з грыбамі і жывяцца за кошт апошніх.

Гаметафіты разнаспоравых мікраскапічных памераў, моцна рэдукаваныя (асабліва мужчынскія), развіваюцца на паверхні глебы і вады.

Гаметафіты раўнаспоравых папарацей прымацоўваюцца да глебы з дапамогай рызоідаў, на гаметафіце ўтвараюцца архегоніі (з яйцаклеткай) і антэрыдыі, у якіх фарміруюцца сперматазоіды з некалькімі жгуцікамі. Даволі часта антэрыдыі развіваюцца раней, што з'яўляецца своеасаблівым прыстасаваннем да перакрыжаванага апладнення, але можа адбывацца апладненне і ў межах аднаго гаметафіта.

Апладненне адбываецца толькі пры наяўнасці вады, неабходнай для перамяшчэння сперматазоідаў да архегонію. Апладнёная яйцаклетка дае пачатак новаму спарафіту.

Папарацепадобныя размнажаюцца таксама вегетатыўным шляхам – карэнішчамі, прыдаткавымі пупышкамі.

Папарацепадобныя адыгрываюць істотную ролю ў прыродзе. Яны з'яўляюцца кампанентамі многіх раслінных супольніцтваў, асабліва трапічных і субтрапічных лясоў.

Многія папараці, як і імхі, з'яўляюцца індыкатарамі розных тыпаў глебы і лесу. У светлых лясах нашай зоны на пясчаных і сухіх падзолістых глебах пашыраны арляк; на глебах сярэдняй урадлівасці і ўвільгатнення – галакучнік; на вільготных урадлівых глебах – шчытоўнік мужчынскі, папараць жаночая, страуснік звычайны.

Некаторыя папараці шырока выкарыстоўваюцца ў дэкаратыўным кветкаводстве ва ўмовах закрытага грунту. Найбольш пашыраныя папараці з родаў адыянтум (напрыклад, адыянтум венерын волас), нефралепіс, марсілея, птэрыс. Яны непатрабавальныя да ўмоў вырошчвання і добра растуць у памяшканнях з рознай арыентацыяй вокнаў (але не пераносяць прамых сонечных прамянёў). У адкрытым грунце звычайна выкарыстоўваецца страуснік.

Дзярэзы, хвашчы і папараці з'явіліся шмат мільёнаў гадоў таму, але найбольшага пашырэння дасягнулі ў каменнавугальным перыядзе палеазойскай эры. Рэшткі гэтых раслін с цягам часу ўтварылі тоўшчы каменнага вугалю.

У выкапнёвым стане добра захаваліся споры папарацепадобных, яны выкарыстоўваюцца для вызначэння ўзросту старажытных геалагічных адкладаў.

Маладыя парасткі папараці арляка спажываюць у ежу.

НАСЕННЫЯ РАСЛІНЫ

Да вышэйшых раслін, акрамя споравых, разгледжаных вышэй, адносяцца насенныя.

Насенныя расліны, або сперматафіты, – гэта вышэйшыя расліны, якія ўтвараюць насенне. Яны падзяляюцца на два аддзелы: сасновыя, або голанасенныя (больш старажытныя), і кветкавыя, або пакрытанасенныя. Узніклі насенныя расліны ў працэсе эвалюцыі ад споравых.

Насенныя расліны разнаспоравыя і ў іх утвараюцца два тыпы спор: мікра- і макраспоры. Мікраспоры даюць пачатак мужчынскаму гаметафіту, а макраспоры – жаночаму, прычым паяўленне макраспоры і апладненне яйцаклеткі адбываюцца ўнутры спарангія. Аднак сродкам размнажэння і рассялення ўсіх насенных раслін з'яўляецца не спора, а насенне, якое мае пэўную перавагу.

Спора ў споравых раслін уяўляе сабой адну дрэнна абароненую клетку, якая развіваецца і прарастае ў спрыяльных умовах на глебе і ўтварае спарафіт. Насенне – гэта складанае мнагаклетачнае ўтварэнне, якое развіваецца на матчынай расліне.

Семя ўтвараецца з семязачатка, або семязавязі. Узнікненне семязачатка лічыцца буйным эвалюцыйным новаўтварэннем. Семязачатак складаецца з мегаспарангія – нуцэлуса і інтэгумента. Згодна з адной з гіпотэз, *інтэгумент* уяўляе сабой кольцы стэрыльных спарангіяў, што зрасліся паміж сабой і акружаюць цэнтральны функцыянуючы спарангій – *нуцэлус*. Інтэгумент не поўнасцю абрастае нуцэлус; застаецца вузкі канал – *мікропіле*, або *пылкаўваход*. Унутры семязачатка адбываюцца ўтварэнне і развіццё макраспоры і жаночага гаметафіта, апладненне і развіццё зародка. Працэс апладнення не залежыць ад наяўнасці вады; мужчынскія гаметы страцілі рухомасць і дастаўляюцца да жаночых гамет пылковай трубкай. Пасля апладнення з семязачатка развіваецца семя, а з апладнёнай яйцаклеткі – яго зародак (зародак маладой расліны).

Семя, такім чынам, складаецца з зародка будучай расліны, пэўнай колькасці пажыўных рэчываў і лупіны.

У большасці насенных раслін пераўтварэнне семязачатка ў спелае семя адбываецца на матчынай расліне. Для большасці насення характэрны больш-менш працяглы перыяд спакою, што

дае ім магчымасць перажыць неспрыяльныя ўмовы і садзейнічае больш далёкаму рассяленню.

У цыкле развіцця насенных раслін споры папярэднічаюць палавому працэсу, які адбываецца на гаметафіце, дзе фарміруецца насенне. Гаметафіт у насенных раслін вельмі рэдукаваны (асабліва ў пакрытанасенных), страчвае сваю самастойнасць і развіваецца на спарафіце, які ўскладняецца.

Такім чынам, насенныя расліны маюць шэраг прыкмет, што даюць ім перавагу ў параўнанні са споравымі раслінамі: унутранае апладненне, якое не залежыць ад наяўнасці вады; развіццё зародка ўнутры семязачатка і ўтварэнне насення.

Гэтыя эвалюцыйныя прыстасаванні дазволілі насенным раслінам авалодаць разнастайнымі ўмовамі існавання і стаць дамінуючымі ў сучаснай флоры.

ГОЛАНАСЕННЫЯ

Голанасенныя (Gymnospermatophyta), або сасновыя (Pynophyta), – старажытны аддзел вышэйшых насенных раслін. Першыя голанасенныя з'явіліся ў канцы дэвонскага перыяду; іх продкі – старажытныя папарацепадобныя. Яны былі вельмі пашыраны ў мезазойскую эру, у канцы якой большасць голанасенных выцеснена пакрытанасеннымі раслінамі.

Голанасенныя падзяляюцца на шэсць класаў: насенныя папараці (цалкам вымерлі), бенатытавыя, гінкгавыя (захаваўся адзіны від гінкга двухлопасцевы), сагоўнікавыя, гнетавыя і хвойныя. Гэты аддзел налічвае каля 800 відаў. На Беларусі пашыраны толькі хвойныя (4 віды і каля 100 відаў і формаў інтрадукаваны).

Сучасныя голанасенныя – гэта пераважна дрэвы (да 100 м у вышыню), радзей кусты, дрэвападобныя ліяны з монападыяльным галінаваннем. У дрэў і кустоў утвараецца правільная сіметрычная крона; галінкі на сцёблах могуць размяшчацца таксама кальчакамі. Ствол мае складаную будову дзякуючы дзейнасці камбію і фелагену, па агульнай структуры блізкі да структуры ствалоў драўняных пакрытанасенных, з другасным патаўшчэннем. Драўніна амаль цалкам складаецца з трахеідаў, сапраўдныя сасуды (трахеі) адсутнічаюць, за выключэннем гнетавых.

Лісце ў большасці голанасенных іголкападобнае (ігліца) або лускападобнае; у некаторых нешматлікіх відаў буйное, рассечанае, падобнае да вайяў папарацепадобных; размяшчаецца ў асноўным паасобку або па два ці памногу ў пучках, часта на пакарочаных парастках.

У голанасенных добра развітыя карані — галоўны і бакавыя, якія ўтвараюць з грыбамі мікарызу.

Голанасенныя — гэта пераважна вечназялёныя, адна-, двух- або мнагадомныя расліны. Размнажаюцца насеннем, якое ўтвараецца з семязачаткаў. Семязачаткі неахаваныя сценкамі завязі, як у пакрытанасенных (адсюль назва аддзела), і ляжаць гола на насенных лусачках або на макраспарафілах, у рэдкіх выпадках, як, напрыклад, у гінкга і ціса, — на канцы парастка. Насенне заўсёды ўтрымлівае пажыўную тканку — эндасперм. Пры прарастанні насення семядолі выносяцца на паверхню глебы і выконваюць функцыю лісця.

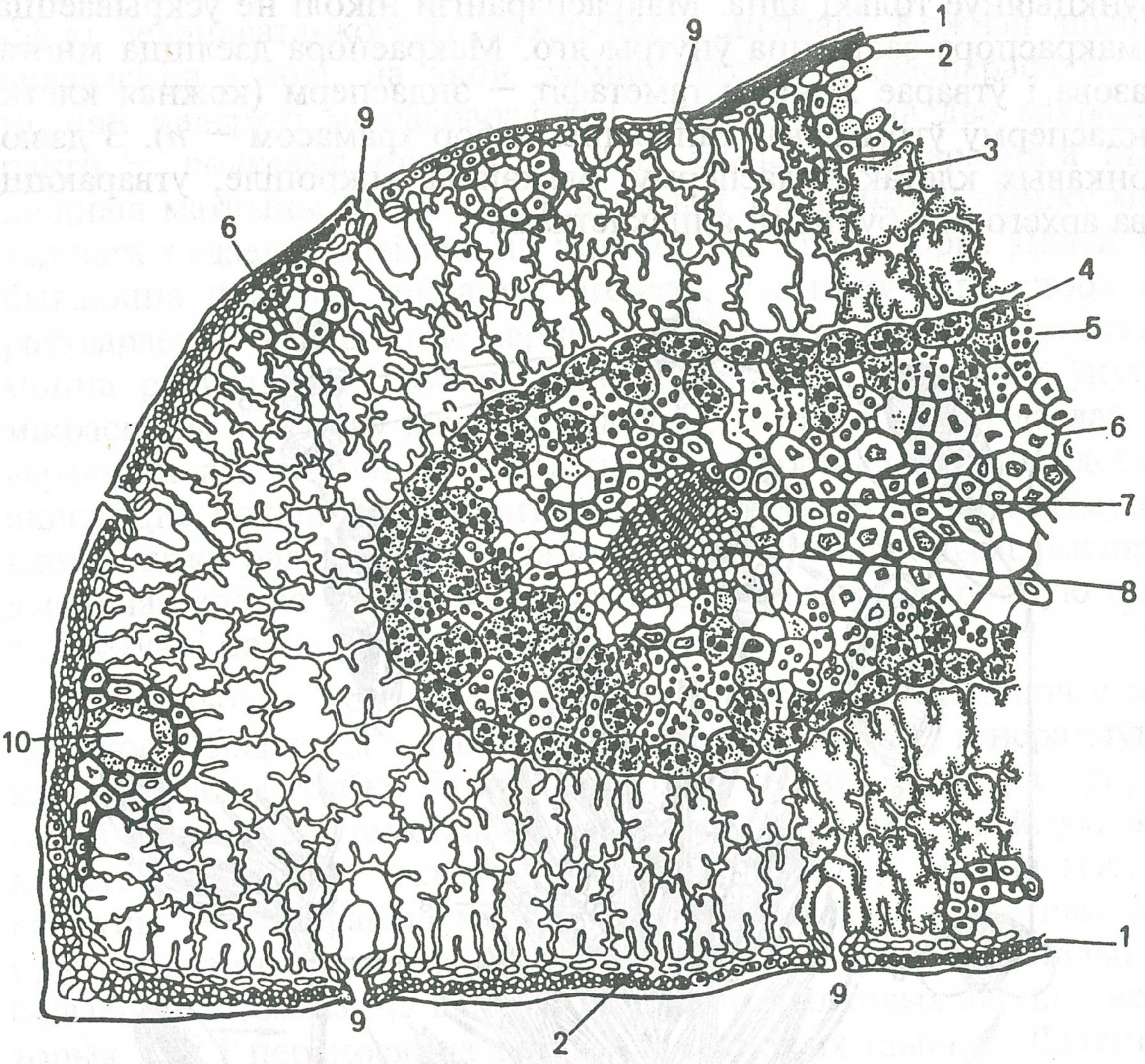
У цыкле развіцця назіраецца правільная і паслядоўная змена двух пакаленняў: спарафіта і гаметафіта; дамінуе спарафіт.

На Беларусі самым пашыраным відам з голанасенных з'яўляецца *хвоя (сасна) звычайная*, якая ўтварае хваёвыя лясы, расце ў парках, населеных пунктах, у ахоўных палосах уздоўж шашы і чыгункі. Хвоя звычайная — гэта дрэва вышынёй каля 20—35 м і дыяметрам да 1,5 м, з акруглай кронай і прамым ствалом, пакрытым чырвона-бурай або шэраватай патрэсканай карой. На ствале кальчакамі размяшчаюцца бакавыя галіны. Парасткі ў хвоі двух тыпаў — падоўжаныя і пакарочаныя. На падоўжаных парастках лісце ў выглядзе рэдукаваных лусак. Ігліца размяшчаецца толькі на пакарочаных парастках у пучках па дзве шыпулькі. Яна жорсткая, калючая, востраканцовая.

Лісце хвоі мае выражаную ксераморфную будову (рыс. 77). Яно пакрыта тоўстым пластом кутыкулы; эпідэрмальныя клеткі дробныя, з моцна патоўшчанымі абалонкамі; вусцейкі апушчаныя ў паглыбленні, запоўненыя зярнятамі воску (прыстасаванне для памяншэння выпарэння). Пад эпідэрмісам размяшчаецца своеасаблівая механічная тканка — гіпадэрма. Дзякуючы ёй лісце набывае цвёрды вонкавы каркас, які і надае ім жорсткасць.

Пад гіпадэрмай залягае асіміляцыйная складкаватая парэнхіма — мезафіл. Абалонкі клетак гэтай тканкі паглыбляюцца ў поласць клетак і ўтвараюць складкі, у выніку чаго павялічваецца асіміляцыйная паверхня ліста. Бліжэй да паверхні ліста размяшчаюцца смаляныя хады.

У цэнтры ліста знаходзіцца восевы цыліндр, які звонку абмежаваны эндадэрмай. У восевым цыліндры размяшчаюцца два праводныя пучкі, акружаныя парэнхімай. Паміж праводнымі пучкамі залягаюць склерэнхімныя валокны. Дзякуючы такой будове лісце можа фотасінтэзаваць пры даволі нізкіх тэмпературах і захоўвацца ў неспрыяльны зімовы перыяд.

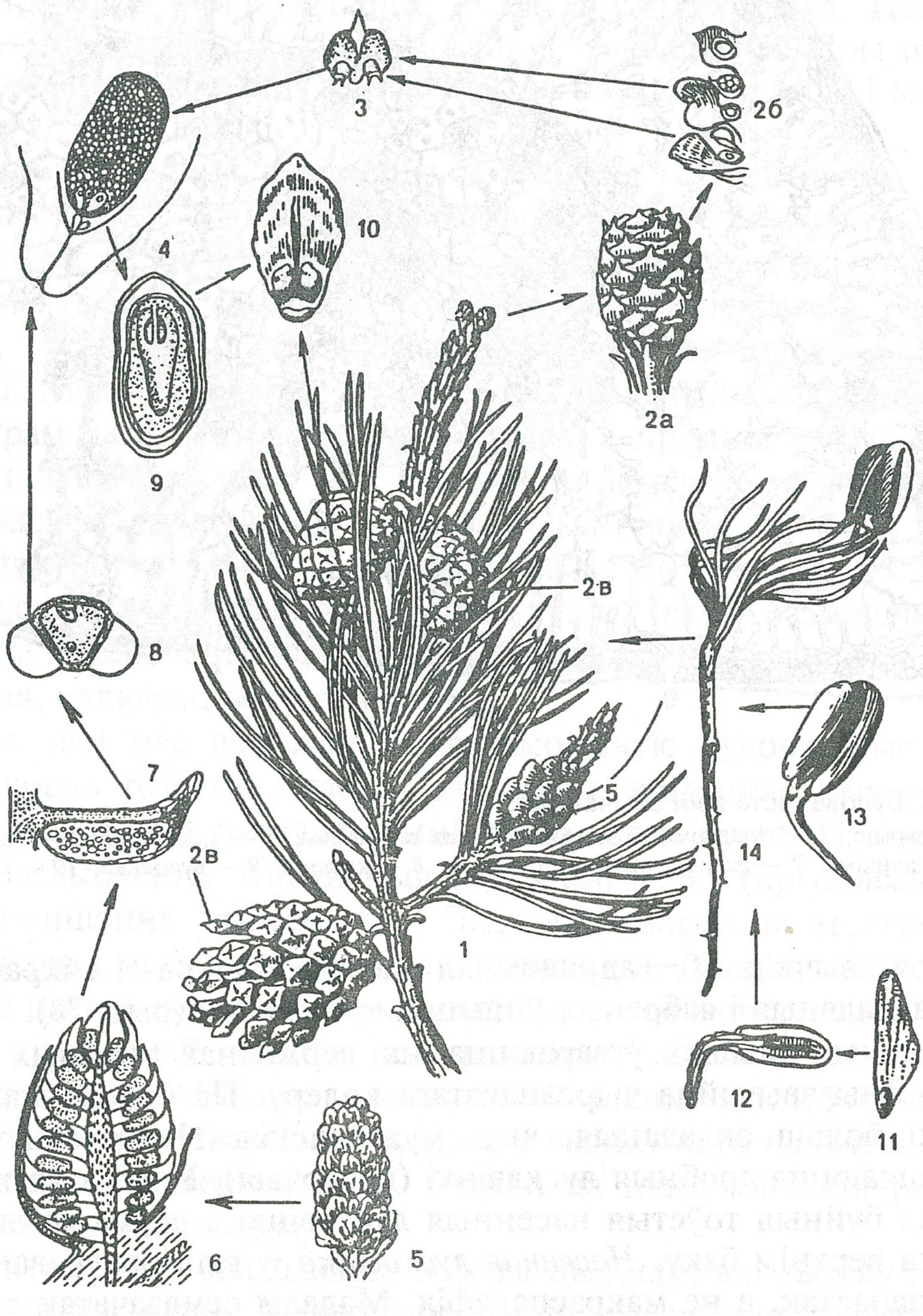


Рыс. 77. Будова ліста хвоі звычайнай:
1 — эпідэрміс; *2* — гіпадэрма; *3* — складкаватая парэнхіма; *4* — эндадэрма; *5* — парэнхіма; *6* — склерэнхіма; *7* — флаэма праваднога пучка; *8* — ксілема; *9* — вусцейка; *10* — смаляныя хады

Хвоя звычайная — аднадомная расліна. Макра- і мікраспарафілы аддаленыя і сабраныя ў шышкі — *стробілы* (рыс. 78).

Жаночыя шышкі ўтвараюцца на верхавінах маладых парасткаў. Яны звычайна чырванаватага колеру. Па будове жаночыя шышкі больш складаныя, чым мужчынскія. На галоўнай восі размяшчаюцца дробныя лускавінкі (крыючыя). У іх пазухах утвараюцца буйныя тоўстыя насенныя лускавінкі з двума семязачаткамі на верхнім баку. *Насенная лускавінка* — гэта рэдукаваны бакавы парастак, а не макраспарафіл. Малады семязачатак складаецца з нуцэлуса і інтэгумента. Нуцэлус і ёсць макраспарангій. На верхавіне, павернутай да восі шышкі, інтэгумент мае адтуліну — *мікропіле (пылкаўваход).* У макраспарангіі знаходзіцца адзіны макраспарацыт (матчына клетка макраспоры), якая ў выніку меёзу ўтварае чатыры макраспоры; у далейшым тры з іх адміраюць і

функцыянуе толькі адна. Макраспарангій ніколі не ўскрываецца, і макраспора застаецца ўнутры яго. Макраспора дзеліцца многаразова і ўтварае жаночы гаметафіт — эндасперм (кожная клетка эндасперму ўтрымлівае гаплоідны набор храмасом — *n*). З дзвюх вонкавых клетак эндасперму, бліжэй да мікропіле, утвараюцца два архегоніі з буйнымі яйцаклеткамі.



Рыс. 78. Цыкл развіцця хвоі звычайнай:
1 — галіна спарафіта з жаночымі і мужчынскімі шышкамі; *2* — жаночая шышка першага года жыцця (*а* — агульны выгляд, *б* — у разрэзе, *в* — спелая жаночая шышка); *3* — насенная луска з семязачаткамі; *4* — семязачатак у падоўжным разрэзе; *5* — мужчынская шышка; *6* — мужчынская шышка ў разрэзе; *7* — мікраспарангій; *8* — пылок; *9* — насенне (падоўжны разрэз); *10* — насенная луска з насеннем; *11—14* — прарастанне насення

Звычайна ў маі каля асновы маладых парасткаў развіваюцца пучкі зеленавата-жоўтых мужчынскіх шышак. Кожная шышка складаецца з восі, на якой размяшчаюцца мікраспарафілы. На ніжняй паверхні мікраспарафілаў знаходзяцца па два мікраспарангіі — *пылковыя мяшочкі*, у якіх спачатку ўтвараюцца дыплоідныя матчыны клеткі спор, а потым з апошніх у выніку мейятычнага падзелу развіваюцца гаплоідныя мікраспоры. Далей адбываюцца працэсы мікрагаметагенезу, у выніку чаго спора пераўтвараецца ў пылковае зерне — асобае ўтварэнне з рэшткамі моцна рэдукаванага мужчынскага гаметафіта. Спачатку ўнутры мікраспоры ў выніку двух паслядоўных мітатычных падзелаў утвараюцца дзве дробныя вегетатыўныя (пpаталіяльныя) клеткі і яшчэ адна больш буйная антэрыдыяльная клетка. Вегетатыўныя клеткі хутка рэдукуюцца і становяцца дыскападобнымі. Антэрыдыяльная клетка ў сваю чаргу дзеліцца мітозам на дробную генератыўную і больш буйную клетку трубкі.

Такім чынам, кожная мікраспора развіваецца ў пылковае зерне, якое складаецца з дзвюх праталіяльных клетак, генератыўнай клеткі і клеткі трубкі. Гэтая чатырохклетачная структура і ўяўляе сабой мужчынскі гаметафіт. Пылковае зерне мае двайную абалонку: вонкавую — *экзіну* і ўнутраную — *інціну*. Экзіна мае два выступы — паветраныя мяшкі, якія выконваюць ролю паплаўка пры пападанні пылку на мікропіле. Менавіта на гэтай стадыі адбываецца рассейванне вялікай колькасці пылковых зярнят, некаторыя з іх і пераносяцца ветрам да жаночых шышак. Далейшае развіццё мужчынскага гаметафіта можа адбывацца толькі пры ўмове, што пылок трапляе на нуцэлус.

Позняй вясной або ў пачатку лета насенныя лускі ў жаночых шышках крыху рассоўваюцца, і семязачаткі могуць прымаць пылок. Пылок трапляе ў прамежкі паміж насеннымі лускамі і прыліпае да кроплі клейкай вадкасці, што выдзяляецца ў вобласці мікропіле. Пры выпарэнні мікрапілярнай вадкасці пылковае зерне ўцягваецца ў мікропіле і трапляе на нуцэлус. Пасля апылення насенныя лускі набліжаюцца і застаюцца шчыльна прыціснутымі адна да другой да паспявання сямян.

Праз некаторы час пасля апылення пачынаецца працэс апладнення, што звязана з далейшым развіццём мужчынскага гаметафіта і фарміраваннем жаночага гаметафіта (працэс развіцця жаночага гаметафіта і ўтварэння яйцаклетак адбываецца звычайна пасля апылення і працягваецца прыкладна каля 15 месяцаў). Жаночыя шышкі ў гэты час павялічваюцца і набываюць зялёны колер (шышкі другога года жыцця). Экзіна пылку лопаецца, і клетка трубкі ўтварае пылковую трубку, якая прарастае нуцэлус і

расце ў накірунку архегонію і праз яго шыйку дасягае яйцаклеткі. У гэты час генератыўная клетка дзеліцца і ўтварае стэрыльную клетку (клетку ножкі) і сперматагенную (клетку цела). Калі пылковая трубка дасягае яйцаклеткі, сперматагенная клетка дзеліцца і ўтварае два спермії (мужчынскія гаметы без жгуцікаў). Мужчынскі гаметафіт цяпер дасягнуў сваёй спеласці. Антэрыдыі ў насенных раслін адсутнічаюць.

Адзін са сперміяў зліваецца з яйцаклеткай, другі адмірае. З апладнёнай яйцаклеткі (зіготы) утвараецца зародак. Паралельна з яго ростам разрастаецца і жаночы зарастак, які ўзбагачаецца пажыўнымі рэчывамі і забяспечвае імі зародак. Сфарміраваны зародак складаецца з карэньчыка, сцяблінкі, некалькіх семядоляў (5–12) і пупышкі. Зародак акружаны эндаспермам, які выкарыстоўваецца пры прарастанні. Інтэгумент пераўтвараецца ў цвёрдую спермадэрму. Такім чынам семязачатак пераўтвараецца ў насенне. Яно ляжыць адкрыта на насеннай лусцы і мае крылападобны прыдатак, які садзейнічае распаўсюджванню насення ветрам. Выспяванне насення адбываецца восенню, на другі год пасля апылення. Шышкі ў гэты час дасягаюць 4–6 см у даўжыню. Іх лускі драўнеюць, з зялёных робяцца шэрымі. Наступнай зімой шышкі панікаюць, лускі разыходзяцца і насенне высыпаецца. Насенне хвоі можа працяглы час знаходзіцца ў стане спакою і пачынае прарастаць у спрыяльных умовах.

Асаблівасцю насення хвоі, як і іншых голанасенных, з'яўляецца іх двайстая прырода: пажыўная тканка – эндасперм належыць гаметафіту, зародак – зачатак новага спарафіта, а спермадэрма (насенная лупіна) і нуцэлус утвараюцца з матчынага спарафіта. Такім чынам ажыццяўляецца размнажэнне, чаргаванне пакаленняў і змена ядзерных фаз у хвоі звычайнай. У агульных рысах гэтыя працэсы характэрныя і для іншых голанасенных.

Хвоя звычайная – адна з галоўных лесаўтваральных парод. Яе драўніна высокай якасці, выкарыстоўваецца ў будаўніцтве і розных галінах вытворчасці.

З драўніны атрымліваюць віскозу, шоўк, цэлюлозу, штапель, бальзамы, смолы, камфару, спірт, воцатную кіслату, дубільныя рэчывы. З жывіцы вырабляюць каніфоль і шкіпінар; з маладой ігліцы – канцэнтрат вітаміну С, эфірны алей.

Ігліца і маладыя парасткі з'яўляюцца кормам для ласёў, а насенне – для вавёрак і многіх лясных птушак.

Хваёвыя лясы карысныя для здароўя.

Хвоя звычайная выкарыстоўваецца для замацавання пяскоў, стварэння лесапаркавых масіваў, азелянення дарог, населеных

пунктаў. Для паркавай культуры асабліва прыдатная разнавіднасць – хвоя звычайная павіслая – з ніцымі галінамі першага парадку. У той ж час хвоя вельмі адчувальная да забруджанасці паветра прамысловымі газамі і ўшчыльнення глебы.

Яшчэ адным шырока вядомым і пашыраным на Беларусі відам хваёвых з'яўляецца елка еўрапейская, або звычайная.

Елка ўяўляе сабой дрэвы з прамымі ствaламі і густой конусападобнай кронай. Ствалы дасягаюць вышыні 30–35 м і ў дыяметры 1 м. Самыя вялікія дрэвы ў Белавежскай пушчы. Іх узрост больш за 300 гадоў.

Гэта ценевынослівая расліна, патрабавальная да ўрадлівасці глебы і павышанай вільготнасці паветра, утварае цёмнахваёвыя і мяшаныя (з прымессю хвоі і ліставых парод – бярозы, клёна, ліпы, дуба) лясы.

Каранёвая сістэма паверхневая, і таму ў пэўных лесараслінных умовах дрэвы схільныя да ветравалу.

Галінкі на сцябле размешчаныя амаль правільнымі кальчакамі. Пакарочаных парасткаў няма. Ігліца чатырохгранная, востраканцовая, на галінках трымаецца 7 гадоў. Ігліца мае лекавыя ўласцівасці – гэта мачагонны, жаўцягонны, проціцынготны і абязбольваючы сродак.

Елка еўрапейская – расліна аднадомная. Шышкі паяўляюцца вясной на леташніх парастках: мужчынскія – па некалькі ў пазухах лускападобнага лісця, жаночыя – адзіночныя, размешчаныя бліжэй да верхавінак. Спелыя шышкі падоўжана цыліндрычныя, звіслыя, ападаюць пасля выспявання насення. Насенне з лыжкападобнымі крыльцамі, выспявае восенню ў год апылення.

Елка еўрапейская – высокадэкаратыўнае дрэва, выкарыстоўваецца ў садова-паркавым будаўніцтве, высаджваецца як ахоўнае насаджэнне ўздоўж чыгуначных і шашэйных дарог.

Драўніна яе больш каштоўная, чым у хвоі. Яна выкарыстоўваецца ў дрэваапрацоўчай прамысловасці, але асабліва цэніцца пры вырабе музычных інструментаў (скрыпак, піяніна, альтаў і кантрабасаў). З драўніны атрымліваюць смалу, шкіпінар, каніфоль, дзёгаць, вар, вырабляюць цэлюлозу і паперу.

На Беларусі сустракаецца *піхта белая*, або *еўрапейская*. Гэта аднадомныя дрэвы з прамым ствалом і кальчакаватымі галінкамі. Крона шчыльная, конусападобная, нізка апушчаная. Кара ствала гладкая, шэрая, з жаўлакамі – ёмістасцямі смалы. Ігліца на парастках размяшчаецца грабеньчата, спіральна або ўнасціл, застаецца на дрэвах да 13 гадоў.

Мужчынскія і жаночыя шышкі ўтвараюцца ў верхняй частцы кроны. Жаночыя шышкі размяшчаюцца вертыкальна, звычайна

паблізу канцоў парасткаў леташняга года; спелыя часта насычаны смалой.

Апыляюцца дрэвы ў маі, насенне выспявае ў першы год і асыпаецца разам з лускавінкамі, а стрыжні шышак доўга застаюцца на галінках накшталт своеасаблівых «свечак».

Піхта белая — ценевынослівая і ветраўстойлівая расліна, патрабавальная да ўрадлівасці глебы і вільготнасці паветра, вельмі адчувальная да забруджанасці паветра газамі і дымам. Гэта цэнтральнаеўрапейскі рэліктавы від, занесены ў Чырвоную кнігу Беларусі.

У падлеску хваёвых і мяшаных лясоў сустракаецца *ядловец звычайны*. Гэта двухдомная расліна, якая ўяўляе сабой куст 2—6 м у вышыню. Мужчынскія экземпляры з вузкай, конуса- або яйцападобнай кронай, жаночыя — больш распасцёртыя. Ствол прамы, з шэра-бурай патрэсканай карой, галінкі чырванавата-бурыя, ніжнія — узыходныя або распасцёртыя, астатнія — прамастаячыя. Ігліца на галінках размяшчаецца кальчакамі па тры шыпулькі. У ядлоўца лускавінкі жаночай шышкі мясістыя і зрастаюцца паміж сабой. Спелыя жаночыя шышкі маюць выгляд чырванавата-сініх ягад з блакітным васкавым налётам і часта недакладна называюцца шышкаягадамі ці ядлоўцавымі ягадамі. Паспяваюць на другі год.

Ядловец звычайны — даўгавечная расліна, жыве да 2000 гадоў. У яго вельмі трывалая драўніна, якую выкарыстоўваюць для вырабу шахмат, цацак. З ігліцы атрымліваюць эфірнае масла. Ядловец звычайны выкарыстоўваюць таксама ў азеляненні гарадоў і пасёлкаў.

У старых парках, алеях, прысадах і лясных культурах па ўсёй тэрыторыі краіны сустракаецца *лістоўніца* (часцей за ўсё сустракаецца л. еўрапейская і л. сібірская). Гэта аднадомныя дрэвы вышынёй да 30—35 м з конусападобнай кронай. Ігліца зялёная, мяккая, вузкалінейная, даўжынёй 2—5 см; на падоўжаных парастках размяшчаецца адзіночна, на пакарочаных — у пучках па 20—40. Лістоўніца — лістападнае дрэва: ігліца восенню жаўцее і ападае. Мужчынскія шышкі адзіночныя, шарападобныя, яркажоўтыя; жаночыя — востраяйцападобныя, даўжынёй 2—4 см; маладыя — зялёныя, спелыя — карычневыя, выспяваюць у год апылення, але не ападаюць, а застаюцца на дрэве на працягу трох гадоў.

Лістоўніца — хуткарослае, святлолюбівае зімаўстойлівае дрэва. Вызначаецца ўстойлівасцю да гарадскіх умоў і даўгавечнасцю (жыве да 500 гадоў).

КВЕТКАВЫЯ, АБО ПАКРЫТАНАСЕННЫЯ

Кветкавыя (Angiospermatophyta), або пакрытанасенныя (Magnoliophyta), расліны ўяўляюць сабой самы малады і вялікі аддзел расліннага свету, які ўключае больш 500 сем'яў, каля 13 000 родаў і не менш 250 000 відаў. Самыя старажытныя рэшткі кветкавых раслін выяўлены ў ніжнемелавых адкладах, узрост якіх складае каля 120 млн гадоў. За параўнальна кароткі прамежак геалагічнага часу яны пашырыліся па ўсяму зямному шару, прыстасаваліся да існавання ў розных экалагічных умовах. Пытанне аб дакладным часе іх узнікнення і канкрэтных продках яшчэ не вырашана. Лічыцца, што да сярэдзіны мелавога перыяду ўзніклі ўсе асноўныя сістэматычныя групы кветкавых раслін. У якасці магчымых продкаў у розны час называліся розныя групы старажытных голанасенных: бенятыты, гнетумы, эфедры, насенныя папараці. Гісталагічны аналіз элементаў драўніны паказвае, што кветкавыя расліны бліжэй да насенных папарацей, чым да іншых голанасенных.

Кветкавыя ў другой палове мелавога перыяду сталі групай раслін, якія пераважаюць у складзе флоры Зямлі. У сучасную геалагічную эпоху ім, як і голанасенным, належыць асноўная роля ва ўтварэнні арганічнага рэчыва сушы. Радзімай пакрытанасенных лічаць вільготныя тропікі, у прыватнасці Паўднёва-Усходнюю Азію. На карысць гэтага пункту гледжання сведчыць той факт, што ў цяперашні час вялікая колькасць відаў дрэў (каля 120 000) – зыходнай жыццёвай формы пакрытанасенных – уяўляе сабой трапічныя расліны.

Лічыцца, што першыя кветкавыя расліны былі невялікімі дрэвамі са сцёбламі, якія галінаваліся монападыяльна. Ад іх узніклі дрэвы з сімпадыяльным галінаваннем, кусты, пазней узніклі травы (многа- і аднагадовыя). У працэсе эвалюцыі сярод кветкавых раслін узнікла вялікая колькасць жыццёвых формаў. Да іх адносяцца і велізарныя дубы і ліпы, і дробныя раскі, памеры якіх часта не пераважаюць некалькіх міліметраў. Сярод кветкавых ёсць ліяны, эпіфіты і інш.

Кветкавыя расліны, як і голанасенныя, з'яўляюцца насеннымі. Але ў той жа час яны адрозніваюцца ад голанасенных шэрагам істотных прыкмет.

1. У кветкавых раслін узнікае новы унікальны орган – кветка, які сумяшчае структуру і функцыі палавога і бясполага размнажэння.

2. Найбольш істотнай часткай кветкі з'яўляецца песцік, утвораны зросшыміся пладалісцікамі (макраспарафіламі). Семязачаткі размяшчаюцца не адкрыта, як у голанасенных, а ў ніжняй

частцы песціка — завязі. Пасля апладнення з завязі ўтвараецца плод, а з семязачаткаў — насенне. Такім чынам, і семязачаткі, і насенне надзейна абароненыя ад высыхання, перападаў тэмператур і паядання жывёламі. Адсюль і назва гэтых раслін — *пакрытанасенныя*. Даволі часта іх называюць яшчэ песцікавымі. Акрамя галоўнай функцыі — аховы насення ад розных неспрыяльных фактараў, плод вельмі часта адыгрывае актыўную ролю ў распаўсюджванні раслін. Адсюль вялікая разнастайнасць марфалагічных тыпаў пладоў.

3. Пылок пры апыленні трапляе не на мікропіле семязачатка, а на рыльца песціка (верхняя частка песціка), якое садзейнічае ўлоўліванню і ўтрыманню пылковых зярнят, а часта і стымулюе іх прарастанне.

4. Кветка вельмі часта мае добра развіты калякветнік, які ахоўвае тычынкі і песцікі ад пашкоджвання і выконвае дапаможную функцыю пры апыленні (прываблівае насякомых-апыляльнікаў).

5. У правадной сістэме асноўнымі праваднымі элементамі ксілемы ўзамен трахеідаў сталі сасуды (трахеі), што значна павялічыла хуткасць перамяшчэння вады і мінеральных рэчываў. У флаэме сітападобныя клеткі, звычайныя ў прадстаўнікоў іншых аддзелаў вышэйшых раслін, замяняюцца членікамі сітападобных трубак. Адначасова з'яўляюцца і клеткі-спадарожніцы, якія ў пэўнай ступені рэгулююць функцыі сітападобных трубак. Клеткі-спадарожніцы, як вядома, адсутнічаюць у голанасенных.

6. У кветкавых раслін мяняецца характар парасткаўтварэння: у большасці прадстаўнікоў назіраецца сімпадыяльнае галінаванне. Таксама назіраецца разнастайнасць жылкавання лісця.

7. У пакрытанасенных, як і ў большасці вышэйшых раслін іншых аддзелаў, назіраецца чаргаванне спарафіта і гаметафіта, дамінуе спарафіт. У той жа час назіраецца далейшая рэдукцыя гаметафіта і больш паскоранае яго развіццё ў выніку мінімальнай колькасці падзелаў і мінімальнай колькасці будаўнічага матэрыялу. Гаметафіт, які страціў самастойнасць ужо ў голанасенных, у пакрытанасенных падвяргаецца спрашчэнню, што вядзе да страты не толькі антэрыдыяў, але і архегоніяў, г. зн. палавое пакаленне не пазбаўлена палавых органаў. Жаночы гаметафіт (зародкавы мяшок) складаецца ўсяго з сямі клетак. Працэс апладнення адбываецца незалежна ад кропельна-вадкай вільгаці.

Такім чынам, гаметафіты ўяўляюць сабой некалькі клетак, што развіваюцца на спарафіце. Спарафіты — добра развітыя расліны, якія маюць вегетатыўныя (корань, сцябло, лісце) і генератыўныя (кветкі, плады, насенне) органы.

8. Характэрнай асаблівасцю кветкавых раслін з'яўляецца так званае двайное апладненне, якое заключаецца ў тым, што адзін з двух сперміяў апладняе яйцаклетку, а другі злучаецца з двума цэнтральнымі ядрамі гаметафіта, якія свабодныя або ўжо зліліся (трайное зліццё). З аплодненай яйцаклеткі (зіготы) утвараецца зародак, а з трыплоіднага ядра — пажыўная трыплоідная тканка — эндасперм.

Кветка і суквецце

Кветка пакрытанасенных — гэта пакарочаны дэтэрмінаваны (абмежаваны ў росце і не галінуецца) парастак, на якім развіваюцца органы спаранашэння (спарафілы — тычынкі і пладалісцікі), утвараюцца споры і гаметы, а таксама ажыццяўляецца палавы працэс з наступным фарміраваннем насення і пладоў.

Лісце, у пазухах якога фарміруюцца кветкі, называюцца крыючымі або прыкветнікамі.

Кветка можа размяшчацца непасрэдна на вегетатыўным парастку або на кветаножцы. У першым выпадку кветка называецца сядзячай. Добра развітая кветка (якая мае ўсе члены) складаецца з кветаножкі, кветаложа, покрыва — чашачкі і венчыка (калякветнік), тычынак і пладалісцікаў — карпеляў (рыс. 79).

Кветаножка мае сцябловае паходжанне і служыць для прымацавання кветкі да сцябла. У тым выпадку, калі да яе прымацавана цэлае суквецце, яна называецца *кветаносам*.

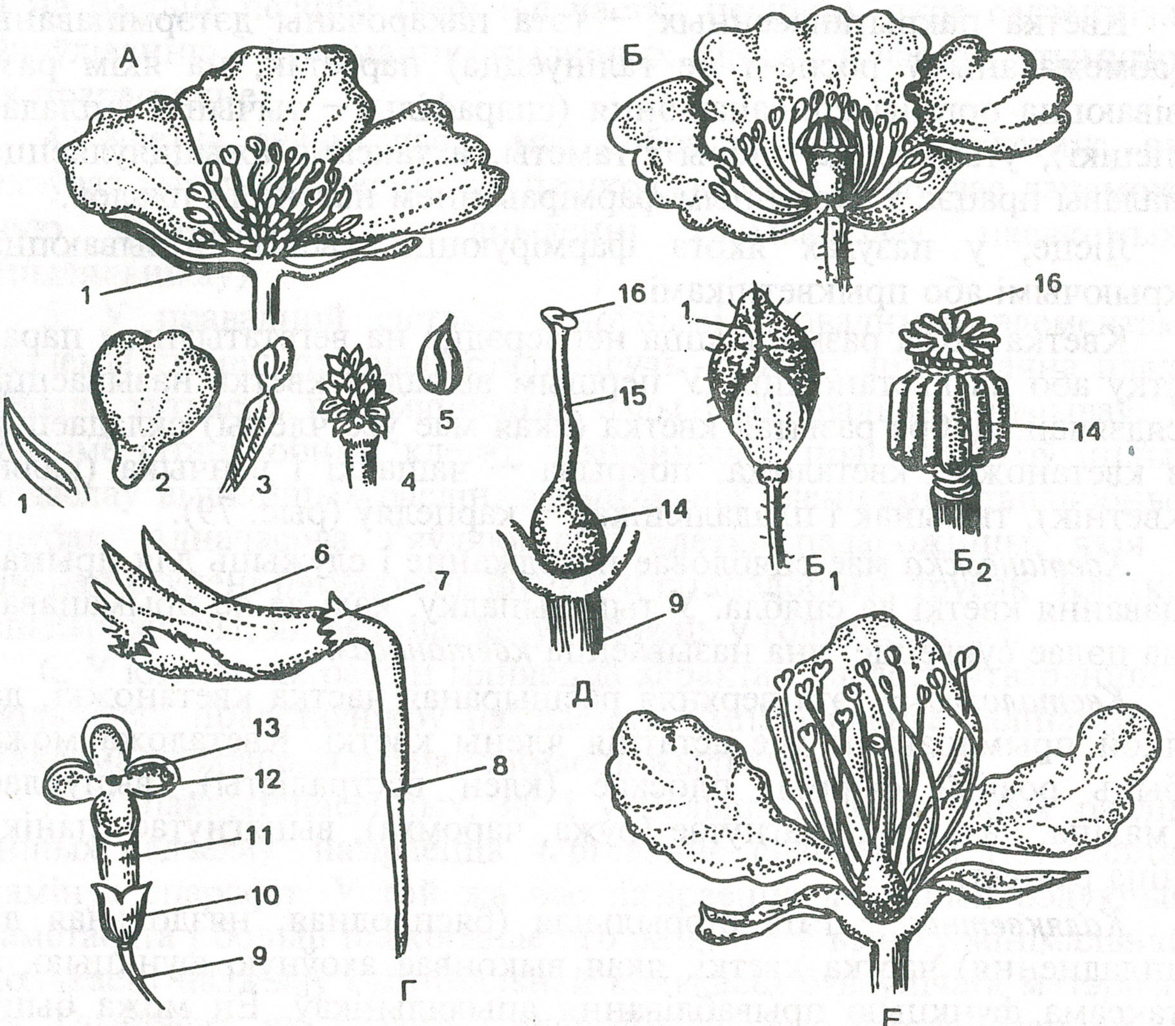
Кветаложа — гэта верхняя расшыраная частка кветаножкі, да якой прымацаваны ўсе астатнія члены кветкі. Кветаложа можа быць рознай формы: плоскае (клён востралісты), выпуклае (маліна, казялец), увагнутае (ружа, чаромха), выцягнутае (паніклніца рачная).

Калякветнік — гэта стэрыльная (бясплодная, няздольная да апладнення) частка кветкі, якая выконвае ахоўную функцыю, а таксама функцыю прываблівання апыляльнікаў. Ён можа быць простым і двайным. Просты калякветнік утвораны чашачкай (ажыка, крапіва, каноплі, шчаўе, мужчынскія кветкі дубу) або толькі венчыкам (цюльпан, лілея, ландыш). Такім чынам, просты калякветнік заўсёды афарбаваны ў адзін колер.

У многіх відаў калякветнік падзяляецца на чашачку і вяночак. Яго называюць двайным (бэз, вішня, груша, язмін, яблыня).

Чашачка, як правіла, складаецца з зялёных лісткоў — чашалісцікаў, свабодных (раздзельналістая чашачка) або зрослых сваімі асновамі (зрослалістая чашачка). Чашалісцікі маюць ліставую прыроду, г. зн. з'яўляюцца відазмененым лісцем парастка.

Аб гэтым сведчаць іх афарбоўка, плоскасная сіметрыя, анатамічная будова. У некаторых (ружа, півоня) можна назіраць паступовы пераход ад верхавінкавага лісця да чашалісцікаў, якія ў сваю чаргу заканчваюцца складанай або рассечанай ліставой пласцінкай. У асобных відаў чашалісцікі могуць быць ярка афарбаванымі, і тады яны выконваюць або ўзмацняюць ролю пялёсткаў у прываблiваннi насякомых-апыляльнікаў. У некаторых відаў пад чашачкай з прыкветнікаў або са зрослых прылісцікаў фарміруецца падчашша.



Рыс. 79. Будова кветкі:
А — кветка з двайным каляквветнікам, мноствам тычынак і апакарпным гінецэем (у казяльцу); *Б* — кветка з двайным каляквветнікам, мноствам тычынак, рана ападаючай чашачкай ($Б_1$) і цэнакарпным мнагачленным гінецэем ($Б_2$, у маку); *В* — кветка са зрослалістай чашачкай і злучнапялёсткавым венчыкам (бэз); *Г* — асобны пялёстак з наготкай і адгібам; *Д* — гінецэй; *Е* — кветка з двайным каляквветнікам, чашалісцікі ў аснове зрасліся з кветаложам і ўтварылі паглыбленне, у якім знаходзіцца адначленны гінецэй (у сліве); *1* — чашалісцік; *2* — пялёстак; *3* — тычынка; *4* — апакарпны гінецэй; *5* — асобны песцік гінецэя казяльцу, *6* — адгіб; *7* — прывенчык; *8* — наготка; *9* — кветаножка; *10* — чашачка; *11* — трубка венчыка (у злучнапялёсткавым венчыку); *12* — доля венчыка; *13* — зеў венчыка; *14* — завязь; *15* — слупок; *16* — рыльца

Венчык складаецца з ярка афарбаваных пялёсткаў, свабодных (раздзельнапялёсткавы венчык) або зрослых паміж сабой, хоць і часткова (злучнапялёсткавы венчык). У свабоднапялёсткавым венчыку пялёстак у большасці выпадкаў складаецца з вузкай наготкі, якой ён прымацоўваецца да кветаложа, і з больш шырокага пласцінiстага адгiбу. У злучнапялёсткавым венчыку наготкі зрастаюцца паміж сабой і ўтвараюць трубку венчыка; месца пераходу трубкі ў адгіб называецца *зевам*. У залежнасці ад велічыні трубкі і адгібу, ад формы адгібу адрозніваюць колападобныя (бульба), лейкападобныя (бярозка), званочкавыя (званочак, ландыш), трубчастыя (сланечнік), а таксама двухгубыя (яснотка), аднагубыя (ятрышнік), язычковыя (дзьмухавец) венчыкі.

У шэрагу відаў калякветнік складаецца з плевак і лусак і называецца плевачным (злакі, асокі).

Па калякветніку вызначаюць сіметрыю кветкі. Калі калякветнік мае некалькі плоскасцей сіметрыі, кветку называюць *правільнай* або *актынаморфнай*. У ёй усе пялёсткі аднолькавыя (вішня, сліва, чаромха, яблыня). Калі калякветнік мае толькі адну плоскасць сіметрыі, кветка лічыцца *няправільнай,* або *зігаморфнай*. У калякветніка такой кветкі прысутнічае пялёстак, які адрозніваецца ад другіх па памерах і форме або па наяўнасці шпорца, шлема і г. д. (белая акацыя, фіялка, шлемнік).

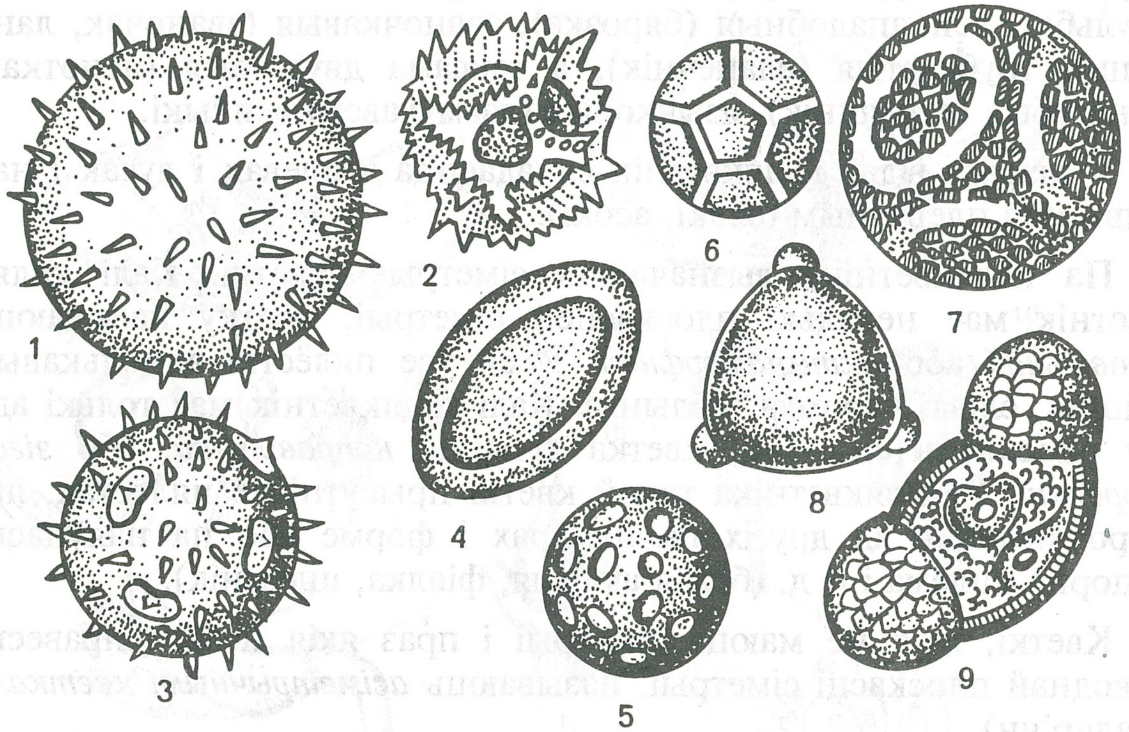
Кветкі, якія не маюць сіметрыі і праз якія нельга правесці ніводнай плоскасці сіметрыі, называюць *асіметрычнымі кветкамі* (валяр'ян).

Тычынкі ў сукупнасці ўтвараюць андрацэй (па-грэчаску «дом мужчыны») — гэта *мікраспарафілы*. У сучасных пакрытанасенных, за невялікім выключэннем, яны складаюцца з тонкай цыліндрычнай або ўплошчанай сцяблінкі (тычынкавай ніткі) і пыльніка. Апошні складаецца з дзвюх паловак, звязаных паміж сабой звязнікам. Кожная палоўка пыльніка звычайна падзелена на два пылковыя гнёзды. Такім чынам, пыльнік нясе чатыры мікраспарангіі, або пылковыя мяшкі, дзе ўтвараюцца пылковыя зярняты.

Колькасць пылковых зярнят складае ад некалькіх дзесяткаў да некалькіх тысяч. Кожнае пылковае зерне мае дзве абалонкі — унутраную тонкую (інтыну) і вонкавую тоўстую (экзіну). Экзіна часта афарбаваная ў розныя колеры (жоўты, белы, сіні і інш.) і мае розныя вырасты і няроўнасці ў выглядзе шыпікаў (складанакветкавыя), бугаркоў, сетачак (губакветкавыя) і г. д. (рыс. 80). Памеры і форма пылку вельмі разнастайныя і характэрныя для розных відаў раслін. Такім чынам, часта па форме пылку можна вызначыць від або род расліны, што шырока выкарыстоўваецца ў

палеанталогіі. Так, у ліпы пылок трохгранны, у фасолі і люцэрны — акруглы і г. д.

У рэдкіх выпадках утвараюцца сядзячыя пыльнікі без тычынкавай ніткі (магнолія) або пыльнікі недаразвітыя (бусельнік, гарлачык бéлы). Тычынкі з недаразвітымі пыльнікамі бясплодныя, іх называюць *стамінодыямі*. Колькасць тычынак у кветцы розная: ад адной да некалькіх дзесяткаў (напрыклад, у злакаў — 3, у матыльковых — 10, у казяльцовых — шмат).



Рыс. 80. Розныя формы пылковых зярнят:
1 — мальвы; *2* — цыкорыі; *3* — гарбуза; *4* — грэчкі; *5* — бярозкі; *6* — гваздзіка; *7* — пасіфлоры; *8* — цырцэі; *9* — хвоі

Тычынкі могуць зрастацца адна з другой або заставацца свабоднымі ці размяшчацца пучкамі.

У першым выпадку андрацэй называецца аднабрацкім. Калі ж пры гэтым адна з тычынак застаецца свабоднай, такі андрацэй называецца двухбрацкім (гарох, фасоля). Калі тычынкі размяшчаюцца пучкамі, андрацэй называецца шматбрацкім.

Даволі часта тычынкавыя ніткі зрастаюцца з ніжняй часткай венчыка або простага калякветніка (ключыкі, жывакост); радзей яны могуць зрастацца з песцікамі (архідныя).

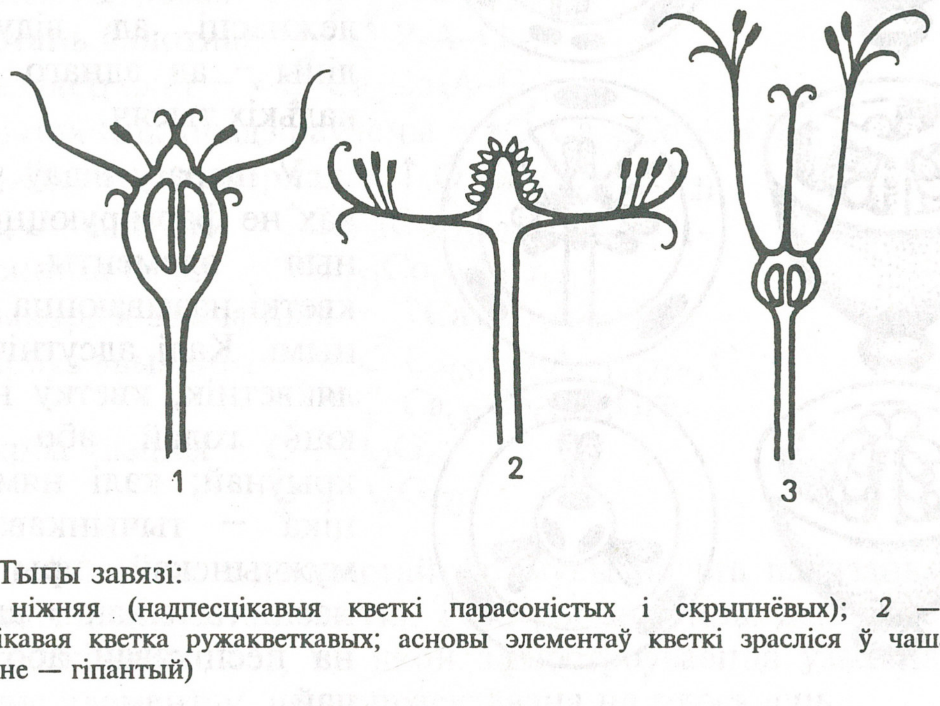
Пладалісцікі, або карпелі, разам утвараюць гінецэй (па-грэчаску «дом жанчыны»). Гэта *макраспарафілы*. Яны складзены ўдаўжыню і заключаюць унутры сябе адзін або некалькі семязачаткаў. У кветцы можа быць адзін або некалькі макраспарафілаў. Яны часам цалкам або часткова зрастаюцца сваімі краямі. Асоб-

ны пладалісцік, або структуру, якая ўтварылася пры зрастанні краёў некалькіх пладалісцікаў, называюць песцікам. Такім чынам, *песцік* – гэта закрытае ёмішча семязачаткаў.

Калі гінецэй складаецца з аднаго пладалісціка, а апошні ўтварае адзін песцік, яго называюць адначленным, а калі з некалькіх пладалісцікаў – мнагачленным. Мнагачленны *гінецэй* у сваю чаргу можа быць *апакарпным* (пладалісцікі не зрастаюцца паміж сабой і ўтвараюць некалькі песцікаў) ці *цэнакарпным* (пладалісцікі зрастаюцца ў адзін песцік).

У песціку звычайна адрозніваюць завязь (ніжняя расшыраная частка), выцягнуты слупок і рыльца (верхняя частка). У некаторых відаў слупок адсутнічае і рыльца называецца сядзячым. Слупкі, як і тычынкі, могуць быць зрослымі або свабоднымі.

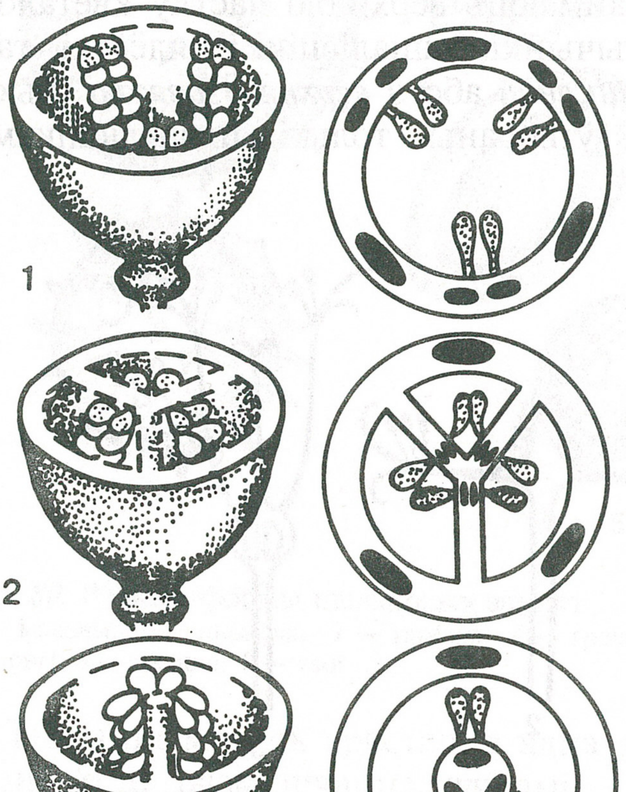
Калі песцікі (або песцік) займаюць верхнюю частку кветаложа, а пад імі размяшчаюцца тычынкі, чашалісцікі і пялёсткі, такую кветку называюць *падпесцікавай* або *з верхняй завяззю* (рыс. 81). Сценкі верхняй завязі ўтвораны толькі пладалісцікамі (акацыя, казялец, яснотка).



Рыс. 81. Тыпы завязі:
1, 3 — ніжняя (надпесцікавыя кветкі парасоністых і скрыпнёвых); *2* — верхняя (каляпесцікавая кветка ружакветкавых; асновы элементаў кветкі зрасліся ў чашападобнае расшырэнне — гіпантый)

Калі покрыва кветкі і тычынкі зрастаецца паміж сабой і прырастае да сценкі завязі, да паловы яе, такая кветка называецца *каляпесцікавай* або *з паўніжняй завяззю*. Калі кветаложа, покрыва і тычынкі зрастаюцца з завяззю, якая аказваецца ніжэй свабодных частак покрыва і тычынак, такая кветка называецца *надпесцікавай* або *з ніжняй завяззю*. У ніжняй завязі сценкі ўтвораны не толькі пладалісцікамі, але і ніжнімі часткамі калякветніка, тычынак і кветаложам, якое разрастаецца. Пры ніжняй завязі ўсе чле-

ны кветкі сядзяць як быццам бы на яе верхавіне (айва, груша, дзьмухавец, язмін, снітка). Унутры завязі ўтвараюцца семязачаткі; яны прымацоўваюцца да сценкі завязі семяножкай. Месцы іх прымацавання называюць *плацэнтамі.* Размяшчэнне семязачатка (плацэнтацыя), а потым і насення ў розных груп кветкавых раслін неаднолькавае. Яно бывае прысценным, калі семязачаткі размяшчаюцца на сценцы завязі або яе выпячваннях; восевым – семязачаткі размяшчаюцца на цэнтральнай калонцы завязі, якая расчленена на гнёзды па колькасці пладалісцікаў, і свабодным цэнтральным – семязачаткі развіваюцца на цэнтральнай калонцы, не звязанай перагародкамі са сценкамі завязі (рыс. 82). У некаторых відаў раслін адзіны семязачатак знаходзіцца ў самой аснове аднагняздовай завязі (базальная плацэнтацыя).



Рыс. 82. Тыпы плацэнтацыі:
1 — прысценная; *2* — восевая; *3* — свабодная цэнтральная

Месца прымацавання семязачаткаў да семяножкі называецца *рубчыкам.*

Колькасць семязачаткаў у завязі розная ў залежнасці ад віду расліны – ад аднаго да некалькіх тысяч.

У шэрагу відаў у кветках не фарміруюцца асобныя элементы. Такія кветкі называюцца няпоўнымі. Калі адсутнічае калякветнік, кветку называюць голай або беспокрыўнай; калі няма песціка – тычынкавай або мужчынскай; пры адсутнасці тычынак – адпаведна песцікавай або жаночай.

Расліны з аднаполымі кветкамі, калі апошнія размяшчаюцца на адной і той жа расліне, называюцца *аднадомнымі* (бук, бяроза, дуб, арэшнік, кукуруза), а калі на розных раслінах – *двухдомнымі* (вярба, каноплі, таполя).

У многіх раслін разам з двухполымі кветкамі існуюць і аднаполыя. Такія расліны называюцца мнагадомнымі (клён, ясень).

Будову кветкі можна адлюстраваць у выглядзе формулы, калі яе элементы пазначыць пачатковымі літарамі лацінскіх назваў. Так, просты калякветнік (Perigonium) пазначаюць літарай P, чашачку (Calyx) – Ca, венчык (Corolla) – Co, тычынкі (Androeceum) – A, гінецэй (Gynoeceum) – G. Колькасць элементаў у кветцы пазначаюць лічбамі. Калі яна дастаткова вялікая і пры гэтым не заўсёды пэўная, у формуле ставяць знак бесканечнасці (~). Калі тыя ці іншыя элементы адсутнічаюць, ставяць нуль. Актынаморфныя кветкі пазначаюць зорачкай (*); зігаморфныя – вертыкальнай стрэлкай або рыскай з дзвюма кропкамі па баках ↑, •|•, асіметрычная — знакам ↯; мужчынскія кветкі – ♂, жаночыя – ♀, двухполыя – ⚥ . Завязь пазначаюць рыскай над (ніжняя) або пад (верхняя) лічбай пладалісцікаў. Калі ў кветцы назіраецца зрастанне паміж асобнымі элементамі, гэта пазначаецца ў формуле шляхам заключэння ў дужкі адпаведных лічбаў. Напрыклад:

Лілея тыгровая – * ⚥ $P_{3+3}A_{3+3}G_{(\underline{3})}$.

Лотаць балотная – * ⚥ $P_5A_{\sim}G_{\underline{\sim}}$.

Казялец едкі – * ⚥ $Ca_5Co_5A_{\sim}G_{\underline{\sim}}$.

Святаяннік прадзіраўлены – *⚥ $Ca_{(5)}Co_5A_{\sim}G_{(\underline{3})}$.

Фіялка трохколерная – ↑ ⚥ $Ca_5Co_5A_5G_{(\underline{3})}$.

Гарох пасяўны – ↑$Ca_{(5)}Co_{(2)+2+1}A_{(9)+1}G_{\underline{1}}$.

Яснотка белая – ↑$Ca_{(5)}Co_{(5)}A_4G_{(\underline{2})}$.

Цыкорыя звычайная – ↑$Ca_oCo_5A_{(5)}G_{\overline{2}}$.

Гарбуз звычайны – * ♂ $Ca_{(5)}Co_5A_{(2)+(2)+1}G_o$;

* ♀ $Ca_{(5)}Co_{(5)}A_oG_{(\overline{3})}$.

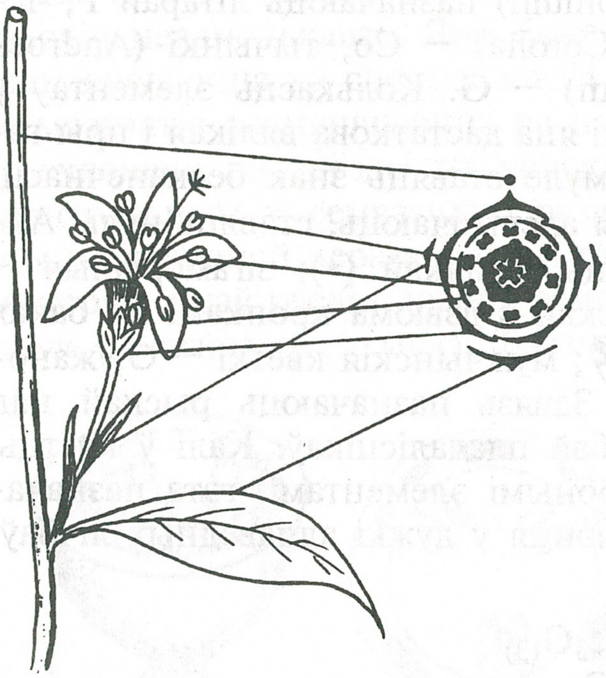
Вярба казіная – ♂ $P_oA_2G_o$;

♀ $P_oA_oG_{(\underline{2})}$.

У той жа час з дапамогай формулы нельга паказаць узаемнае размяшчэнне частак кветкі. Гэта робіцца пры дапамозе дыяграмы кветкі (рыс. 83), на якой адлюстроўваецца ўзаемнае размяшчэнне элементаў, што спраектавана на плоскасць.

Адзіночныя кветкі на вегетатыўных парастках фарміруюцца толькі ў некаторых відаў раслін (мак, цюльпан, магнолія, мудранка, півоня). У большасці раслін яны размяшчаюцца на асобых разгалінаваных парастках, якія называюцца *суквеццямі.* На вузлах восей суквецця размяшчаецца так званае крыючае лісце або прыкветкі, якія адносяцца часцей за ўсё да верхавінкавага лісця (суквецце ў гэтым выпадку называецца брактэозным). Крыючае лісце часам не адрозніваецца ад асіміляцыйнага (фран-

дозныя суквецці), а ў некаторых выпадках наогул адсутнічае (франдулёзныя, або эбрактэозныя, суквецці). Кветкі могуць фарміравацца на восі парасткаў суквеццяў у пазухах прыкветкаў або яны маюць больш-менш доўгія кветаножкі. Апошнія часта нясуць па два маленькія лісткі — прыкветачкі.



Рыс. 83. Схема будовы кветкі і яе дыяграма

Суквецце, як і ўсялякі парастак, можа галінавацца. У залежнасці ад спосабу галінавання суквецці падзяляюцца на монападыяльныя (батрычныя, або рацэмозныя), сімпадыяльныя (цымозныя) і тырсоідныя, або тырсы (рыс. 84, 85).

У некаторых відаў *монападыяльныя суквецці* маюць моцна выцягнутую асноўную вось і кветкі пачынаюць распускацца заўсёды знізу — у акрапетальным напрамку (верхавінкавы — канцовы распускаецца апошнім). У некаторых раслін асноўная вось пакарочаная і часам расшыраная. У такіх выпадках кветкі распускаюцца ў цэнтраімклівым накірунку — краявыя распускаюцца першымі.

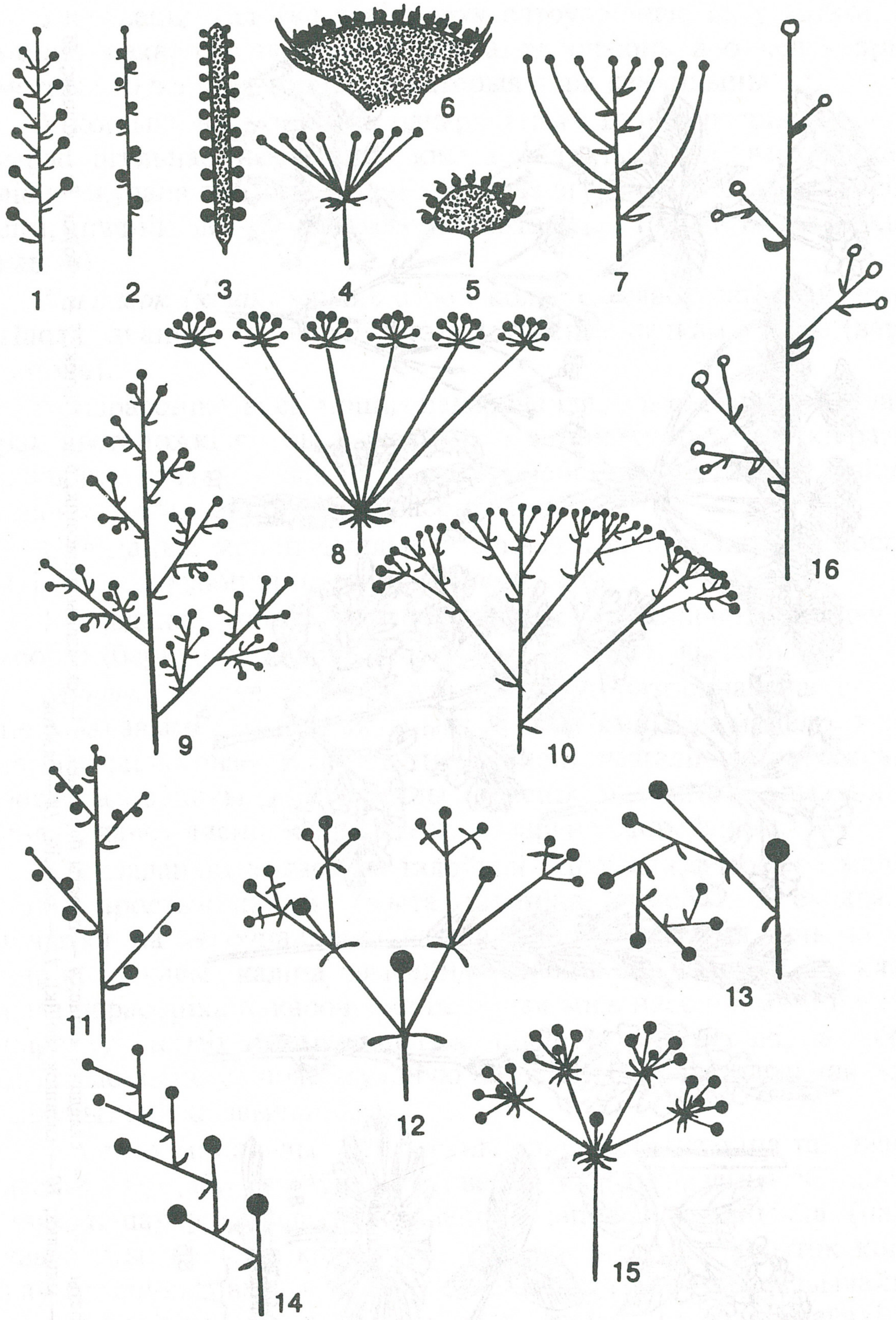
Монападыяльныя суквецці падзяляюць на простыя і складаныя.

У простых монападыяльных суквеццяў на галоўнай восі размяшчаюцца адзіночныя кветкі. *Гронка* мае падоўжаную вось, на бакавых адгалінаваннях якой — кветаножках (аднолькавай даўжыні) па чарзе размяшчаюцца кветкі (ландыш майскі, чаромха звычайная, гарох пасяўны, лубін многагадовы).

Колас, як і гронка, таксама мае падоўжаную вось, на якой размяшчаюцца кветкі без кветаножак, сядзячыя (віды трыпутніку).

Катах таксама мае падоўжаную вось, але яна патоўшчаная і мясістая. На восі размяшчаюцца сядзячыя кветкі, без кветаножак (капытнік балотны, аер звычайны).

Своеасаблівую гронку ўяўляе сабой *шчыток*. Галоўная вось гэтага суквецця нясе кветаножкі рознай даўжыні, дзякуючы чаму кветкі размяшчаюцца амаль у адной гарызантальнай плоскасці (груша, глог).



Рыс. 84. Суквецці (схема):
1—11 — монападыяльныя: *1* — гронка; *2* — колас; *3* — катах; *4* — парасонік; *5* — галоўка; *6* — кошык; *7* — шчыток; *8* — складыны парасонік; *9* — мяцёлка; *10* — складаны шчыток; *11* — складаны колас; *12—15* — *сімпадыяльныя*: *12* — дыхазій; *13* — завіток; *14* — звіліна; *15* — плеяхазій; *16* — тырсоіднае суквецце

Рыс. 85. Суквецці:

1 — гронка; *2* — просты колас; *3* — складаны колас; *4* — просты парасонік; *5* — складаны парасонік; *6* — шчыток; *7* — галоўка; *8а* — кошык; *8б* — кошык у разрэзе; *9* — мяцёлка; *10* — каташок (коцік); *11* — дыхазій; *12* — завіток

У суквецця галоўка восі крыху патоўшчаная, як у катаха, але моцна пакарочаная, кветаножкі адсутнічаюць або ледзь прыкметныя (букашнік горны, некаторыя віды канюшыны).

У кошыка вось таксама пакарочаная і вельмі расшыраная, утварае агульнае кветаложа; кветкі сядзячыя, усё верхавінкавае лісце скучана пад суквеццем і ўтварае агульную абгортку (васілёк сіні, нівянік звычайны, рамонак аптэчны і іншыя складанакветкавыя).

Каташок (коцік) уяўляе сабой колас са слаба паніклай воссю. Пасля заканчэння цвіцення гэтае суквецце цалкам ападае (вярба, таполя).

У парасоніка вось моцна пакарочаная, аднолькавыя па памерах кветаножкі як бы выходзяць з адной кропкі, кветкі размяшчаюцца амаль у адной плоскасці або купалападобна (вішня, ключыкі вясеннія, сусак парасоністы).

Складаныя монападыяльныя суквецці складаюцца з простых, якія размяшчаюцца на галоўнай восі.

У сладанай гронкі на галоўнай восі размяшчаюцца простыя гронкі (баркун белы, баркун лекавы, лазаніца звычайная).

Мяцёлка ўяўляе сабой больш або менш разгалінаванае суквецце з бакавымі монападыяльнымі суквеццямі. Для мяцёлкі характэрна паступовае памяншэнне ступені разгалінавання бакавых восей ад асновы да верхавіны (траснік звычайны, дрыжнік сярэдні, чарот лясны, чарот азёрны, маруна сапраўдная).

У складанага коласа на галоўнай падоўжанай восі размяшчаюцца простыя каласкі (жыта, пшаніца, ячмень). У складанага шчытка на галоўнай восі размяшчаюцца простыя шчыткі (валяр'ян лекавы, каліна звычайная, рабіна звычайная). У складанага парасоніка пакарочаная галоўная вось нясе прамяні першага парадку: на іх размяшчаюцца простыя парасонікі, а верхавінкавае лісце ўтварае агульную абгортку (морква пасяўная, кроп пахучы, снітка звычайная).

У межах монападыяльных суквеццяў сустракаюцца так званыя агрэгатныя (або састаўныя) суквецці, калі назіраецца аб'яднанне двух тыпаў у складанае суквецце, напрыклад мяцёлка (палын звычайны, купалка канадская, купалка вострая), шчыток кошыкаў (рамонак пахучы, крываўнік звычайны, птарміка звычайная, піжма звычайная, цмін пясчаны), гронка галовак (ваўчкі паніклыя, белакапытнік гібрыдны), гронка кошыкаў (лопух вялікі, лопух павуцiністы, сушаніца лясная), гронка каласоў (гуляўнік лекавы, дзядкі звычайныя).

У сімпадыяльных суквеццях верхавінкавая кветка, што размяшчаецца на галоўнай восі суквецця, распускаецца першай, ба-

кавыя восі перарастаюць галоўную; кветкі, якія на іх размяшчаюцца, распускаюцца ў цэнтрабежным напрамку з сімпадыяльных суквеццяў; часцей сустракаюцца манахазій, дыхазій і плеяхазій.

У *манахазія* спачатку развіваецца галоўная вось, якая завяршаецца кветкай. Гэта вось першага парадку. Пад кветкай восі першага парадку фарміруецца вось другога парадку, якая таксама завяршаецца кветкай. Аналагічна развіваюцца восі наступных парадкаў. Манахазій можа быць простым і складаным. Просты складаецца толькі з дзвюх восей з дзвюма кветкамі. Складаны манахазій можа быць у выглядзе завітка (усе кветкі размяшчаюцца з аднаго боку ад восі; жывакост лекавы, незабудка балотная) або звіліны (кветкі размяшчаюцца па абодва бакі суквецця; расіца, гладыёлус чарапіцападобны, агурочнік лекавы, гвaздзікі-іскаркі).

Дыхазій фарміруецца таксама, як і манахазій, толькі ў яго пад кожнай верхавінкавай кветкай развіваецца не па адной, а па дзве восі наступнага парадку, якія таксама заканчваюцца кветкамі. Дыхазій характэрны для такіх раслін, як гвaздзікі, мыльнік лекавы, зоркаўкі, ясколкі і інш.

У *плеяхазія* на восі папярэдняга парадку ў адным вузле развіваецца некалькі галінак наступнага парадку і кожная з іх завяршаецца кветкай (расходнік, скочкі, малачай).

У тырсоідных суквеццях спалучаецца мона- і сімпадыяльнае галінаванне, напрыклад каташок з дыхазіяў (бяроза, вольха, ляшчына), парасонік з манахазіяў (цыбуля), мяцёлка з дыхазіяў (бэз), катах з манахазіяў (жаночае суквецце кукурузы) або тырс (каштан конскі звычайны, дзіванна).

Біялагічны сэнс узнікнення суквеццяў — у павелічэнні верагоднасці апылення кветак, як анемафільных (апыляюцца ветрам), так і энтамафільных (апыляюцца насякомымі) раслін. Безумоўна, насякомае за адзінку часу наведае болей кветак, калі яны сабраныя ў суквецце. Акрамя таго, кветкі, сабраныя ў суквецце, больш прыкметныя сярод зялёнага лісця ў параўнанні з асобнымі кветкамі. Многае паніклае суквецце пад уплывам ветру калыхаецца і садзейнічае тым самым рассейванню пылку.

Спорагенез і гаметагенез

Мікраспарагенез — утварэнне мікраспор і іх прарастанне (мікрагаметагенез) адбываецца ў пылковых гнёздах тычынак.

Цэнтральную частку гнязда пыльніка займаюць спорагенныя клеткі. Яны дзеляцца шляхам меёзу, і ў выніку з кожнай клеткі ўтвараюцца чатыры гаплоідныя мікраспоры. Далей мікраспоры

яшчэ ўнутры пыльніка прарастаюць і ўтвараюць пылок (пылковыя зярняты). Пры прарастанні мікраспора дзеліцца шляхам мітозу на дзве клеткі: клетку трубкі і генератыўную. Звонку пылок пакрыты спарадэрмай, якая складаецца з экзіны і інтыны. Такім чынам, двухклетачнае пылковае зерне ўяўляе сабой мужчынскі гаметафіт. У многіх раслін на момант ускрывання пыльнікаў і рассейвання пылку мужчынскі гаметафіт знаходзіцца менавіта на двухклетачнай стадыі. У іншых відаў ядро генератыўнай клеткі дзеліцца і ўтварае дзве мужчынскія гаметы – сперміі.

Макраспарагенез – гэта працэс фарміравання макраспоры ў нуцэлусе (макраспарангіі). На ранняй стадыі развіцця семязачатка ў нуцэлусе ўзнікае адзіны дыплоідны макраспарацыт. Ён дзеліцца меятычна, у выніку чаго ўтвараюцца чатыры гаплоідныя макраспоры. Тры з іх звычайна разбураюцца, а чацвёртая развіваецца ў жаночы гаметафіт. Ядро макраспоры дзеліцца мітозам 3 разы, у выніку чаго ўзнікае восем даччыных ядраў. Яны размяшчаюцца па чатыры дзвюма групамі – бліжэй да мікрапілярнага канца макрагаметафіта, а таксама на процілеглым, халазальным канцы. Па адным ядры з кожнай групы мігрыруе да цэнтра васьміядзернай клеткі; такія ядры называюцца палярнымі. Тры ядры, што засталіся ў мікрапілярнага канца, утвараюць яйцавы апарат (яйцаклетка і дзве сінергіды). На процілеглым канцы таксама вакол ядраў фарміруюцца клетачныя абалонкі і ўзнікаюць тры клеткі – антыподы. Палярныя ядры ўтвараюць у цэнтры двух'ядзерную цэнтральную клетку. Такая васьміядзерная сяміклетачная структура і з'яўляецца зародкавым мяшком.

Апыленне і апладненне

Пасля паспявання пылку пыльнікі лопаюцца і пылок пераносіцца на рыльца песціка. Гэты працэс называецца *апыленнем*. Адрозніваюць два спосабы апылення: самаапыленне і перакрыжаванае апыленне.

Самаапыленне ажыццяўляецца ў двухполых кветак, калі пылковыя зярняты трапляюць на рыльца песціка сваёй кветкі. Даволі часта такое апыленне адбываецца яшчэ ў бутоне. Самаапыленне характэрна для відаў, пашыраных у неспрыяльных умовах. У шэрагу відаў самаапыленне адбываецца толькі ў тым выпадку, калі па той ці іншай прычыне не адбылося перакрыжаванае апыленне. Самаапыленне назіраецца ў такіх раслін, як авёс, пшаніца, ячмень, гарох, фасоля і інш. Пры перакрыжаваным апыленні пылок з пыльнікаў адной расліны пераносіцца на рыльца

кветак другой расліны таго ж віду. Пры такім спосабе апылення павялічваюцца магчымасці рэкамбінацый генетычнага матэрыялу, утварэння больш разнастайнага генафонду нашчадкаў у выніку злучэння розных гамет. Нашчадкі ўтвараюцца больш жыццяздольныя, чым пры самаапыленні, з большай амплітудай зменлівасці і прыстасаванасці да розных умоў існавання.

Для забеспячэння *перакрыжаванага апылення* і прадухілення самаапылення ў раслін існуе шэраг прыстасаванняў.

У выпадку двухполасці кветак назіраецца: 1) няздольнасць пылку прарастаць на рыльцы песціка той жа самай кветкі (сустракаецца ў грушы, вішні, яблыні); 2) неадначасовае паспяванне тычынак і песцікаў: або пыльнікі паспяваюць раней песцікаў (струкавыя, гваздзіковыя, гераніевыя, складанакветкавыя, парасонікавыя), або песцікі паспяваюць раней тычынак (злакавыя, капусныя, ружакветкавыя); 3) такое размяшчэнне тычынак і песцікаў, пры якім пылок не можа трапіць на рыльца сваёй кветкі (крынічнік); 4) гетэрастылія, або рознаслупковасць, калі ў адных асобін у кветках утвараюцца доўгія слупкі, якія перавышаюць у даўжыню тычынкі, а ў другіх – слупкі кароткія, а тычынкі доўгія (ключыкі вясеннія, медуніца няясная).

Прыстасаваннем да перакрыжаванага апылення з'яўляецца ўзнікненне ў працэсе эвалюцыі аднаполых кветак (бяроза, вярба, дуб, ляшчына, кукуруза, таполя).

Пры перакрыжаваным апыленні перанос пылку з пыльнікаў на рыльца песціка можа ажыццяўляцца насякомымі (энтамафілія), птушкамі (арнітафілія), ветрам (анемафілія), вадой (гідрафілія). Лічыцца, што першыя пакрытанасенныя былі энтамафільнымі; анемафілія ўзнікла на больш позніх этапах эвалюцыі і суправаджалася рэдукцыяй калякветніка.

Сярод сучасных пакрытанасенных найбольш распаўсюджана энтамафілія. Калі насякомыя наведваюць кветкі, яны здабываюць сабе ежу (пылок, нектар) або адкладваюць яйцы, і пры гэтым мімаволі пераносяць пылок і ажыццяўляюць апыленне.

У энтамафільных раслін існуе шэраг прыстасаванняў для прываблівання насякомых. Многія кветкі выпрацоўваюць нектар, які насякомыя спажываюць. Нектар – гэта цукровая вадкасць, у склад якой уваходзіць ад 3 да 70 % глюкозы і цукрозы. Нектар выдзяляецца нектарнікамі, што размяшчаюцца ў глыбіні кветкі. Калі насякомае пранікае да нектарніка, яно вымазваецца пылком і пераносіць яго з кветкі на кветку. Некаторыя расліны (мак, курослеп, шыпшына) насякомыя наведваюць дзеля пылку, які яны спажываюць. Пылок у энтамафільных раслін буйны, на паверхні яго ўтвараюцца розныя шыпікі, вырасты, ён часта клейкі. Гэта

ўсё прыстасаванні, якія садзейнічаюць прымацаванню пылку да цела насякомага.

Кветкі энтамафільных раслін маюць ярка афарбаваны венчык, дробныя кветкі сабраныя ў суквецці. Часам ярка афарбаваны не толькі венчык, але і верхавінкавае лісце суквеццяў або восі суквецця (сінегаловік, шалфей). Вялікую ролю адыгрывае пах кветак, які залежыць ад эфірнага алею, што выпрацоўваюць кветкі.

Эвалюцыя многіх груп раслін і насякомых ішла сумесна і часта па шляху вузкай спецыялізацыі і прыстасавання кветкі і насякомага адзін да аднаго: форма калякветніка адпавядае асаблівасцям будовы цела і паводзін насякомага. Напрыклад, будова кветак з роду боцікі прыстасаваная да будовы цела і ротавых частак чмяля. Трубка венчыка гваздзіковых настолькі доўгая, што дастаць нектар могуць толькі матылькі з доўгімі хабаткамі, якія і апыляюць гэтыя кветкі.

У трапічных краінах кветкі многіх відаў раслін апыляюцца птушкамі – калібры, кветачніцамі, меданосамі. Для кветак, што апыляюцца птушкамі, характэрны яркая афарбоўка, адсутнасць паху, моцная будова і мноства вадзяністага нектара.

Анемафілія ўласцівая раслінам, якія ўтвараюць значныя групы. Да іх адносіцца большасць драўняных раслін (бяроза, вяз, вольха, дуб, ляшчына, таполя і інш.), амаль усе злакі, асокі, крапіва, трыпутнік. Пры апыленні з дапамогай ветру немагчымы які-небудзь накіраваны перанос пылку, як гэта назіраецца пры энтамафіліі. Таму пры анемафіліі праяўляецца дзеянне законаў выпадковасці, залежнасць поспеху апылення ад стану навакольнага асяроддзя.

Лістападныя анемафільныя дрэвы цвітуць да распускання лісця, таму што лісце паніжае хуткасць паветраных плыняў у кронах і перашкаджае пераносу пылку. Да распускання лісця цвітуць вольха, вяз, таполя, ясень, ляшчына; адначасова з распусканнем лісця – бук, бяроза, дуб.

Прыстасаванні да ветраапылення назіраюцца ў будове кветак, іх размяшчэнні на парастках, у будове пылку.

Кветкі анемафільных раслін звычайна дробныя, несамавітыя, без калякветніка (вярба, дуб, таполя, ясень) або са слаба развітым калякветнікам. Пыльнікі размяшчаюцца на доўгіх тычынкавых нітках, якія лёгка калыхаюцца ветрам; песцікі маюць валасістыя перыстыя рыльцы, якія добра ўлоўліваюць пылок. У пыльніках такіх раслін утвараецца велізарная колькасць дробных, лёгкіх, сухіх пылковых зярнят. Напрыклад, адзін каташок ляшчыны прадуцыруе да 4 млн пылковых зярнят, мяцёлка кукурузы – да 50 млн.

Пылок здольны разносіцца на далёкія адлегласці.

У многіх раслін, што існуюць у вадзе (рагалiснiк, наяда), пылок пераносіцца вадой.

Пасля таго як пылок трапляе на рыльца песціка, клетка трубкі пылковага зерня выцягваецца праз пору экзіны ў доўгую пылковую трубку. Падчас росту пылковай трубкі ядро клеткі трубкі разбураецца і знікае, а генератыўная клетка пылку дзеліцца на дзве мужчынскія гаметы – сперміі (часам яны ўтвараюцца яшчэ да прарастання пылку). Пылковая трубка дасягае пылкаўвахода семязачатка. У зародкавым мяшку канец пылковай трубкі лопаецца і сперміі трапляюць унутр. Адзін з іх зліваецца з яйцаклеткай і ўтварае зіготу (2 *n*), а другі – з цэнтральнай клеткай зародкавага мяшка і ўтварае трыплоідную клетку (3 *n*). Так адбываецца двайное апладненне, якое ўласціва толькі пакрытанасенным. Гэты працэс упершыню апісаў у 1898 г. расійскі вучоны С. Г. Навашын (1857–1930). Пасля двайнога апладнення з зіготы ўтвараецца зародак (2 *n*); з трыплоіднай клеткі – запасальная тканка эндасперм (3 *n*), з інтэгументаў – спермадэрма (насенная лупіна), і ўвесь семязачатак, такім чынам, цалкам ператвараецца ў семя. Сінергіды і антыподы звычайна разбураюцца, а нуцэлус выкарыстоўваецца як пажыўны прадукт пры фарміраванні зародка, радзей ён ператвараецца ў запасальную тканку – перысперм. Завязь песціка пры гэтым пастуцова ператвараецца ў плод.

Аднак часам зародак насення можа развівацца без апладнення. Гэты працэс называецца *апаміксісам*. У такім выпадку пры ўтварэнні зародкавага мяшка меёз не адбываецца і ўсе яго клеткі з'яўляюцца дыплоіднымі. Пры апаміксісе зародак можа ўтварацца з неапладнёнай яйцаклеткі. Гэта працэс называецца *партэнагенезам*. Ён назіраецца ў гусялапкі, дзьмухаўцу, ястрабка, а таксама ў некаторых культурных раслін (груша, парэчкі, яблыня, вінаград).

Магчыма таксама развіццё зародка з сінергідаў і антыподаў (*апагамія)*, што назіраецца, напрыклад, у трыпутніка, а таксама з клеткі нуцэлуса або інтэгумента (*апаспарыя)*. З апаспарыяй звязваецца *поліэмбрыянія* – многазародкавасць насення.

Насенне і плады

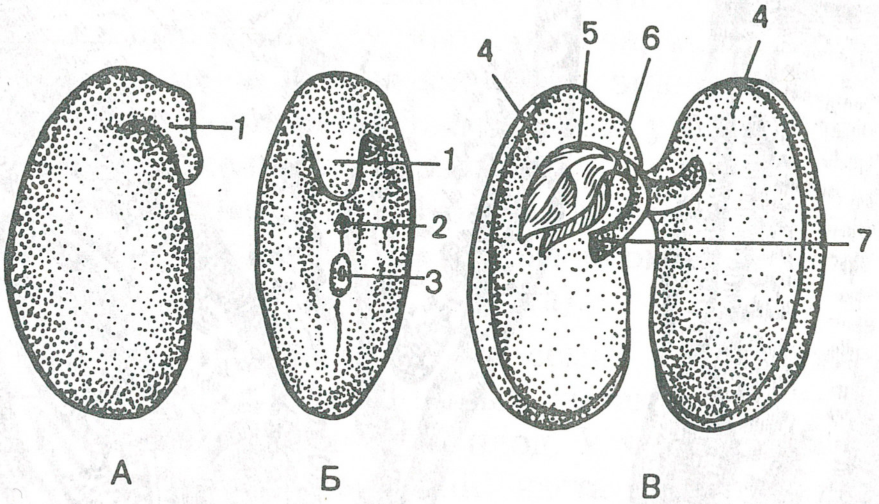
Семя – гэта орган, які выконвае функцыю рассялення раслін. Развіваецца яно з семязачатка ў выніку двайнога апладнення.

Насенне розных раслін мае пэўную форму, памеры і афарбоўку. Форма насення можа быць шарападобная, дыскаватая,

эліпсападобная, лінейная і г. д. У большасці раслін дробнае насенне; у некаторых раслін яго амаль нельга адрозніць простым вокам (ятрышнікавыя, павітухавыя). Найбольш буйное насенне ў конскага каштана, дуба, фасолі.

Адрозніваецца насенне і па афарбоўцы. Асабліва разнастайнае па афарбоўцы насенне раслін сям'і струкавых (гарох, боб, лубін, фасоля). Нягледзячы на знешнюю разнастайнасць, для насення характэрны адзіны план будовы. У тыповым выпадку семя кветкавай расліны складаецца з зародка і эндасперма (запасальнай тканкі), пакрытых насеннай лупінай.

Зародак з'яўляецца зачаткам новай расліны. У большасці выпадкаў у спелым семені ён дыферэнцыраваны на зародкавы парастак і зародкавы карэньчык (рыс. 86, 87).



Рыс. 86. Будова насення фасолі:
А — выгляд збоку; *Б* — выгляд з боку рубчыка; *В* — зародак; *1* — размяшчэнне карэньчыка; *2* — семяўваход; *3* — рубчык; *4* — семядолі; *5* — пупышка з лісцікамі; *6* — сцяблінка; *7* — карэньчык зародка

Зародкавы парастак складаецца з зародкавай сцяблінкі і семядоль. На верхнім канцы зародкавай сцяблінкі з мерыстэмы фарміруецца верхавінкавы конус нарастання. Часам на ім закладваюцца зачаткі лісця, якое ўтварае пупышачку зародка (напрыклад, у струкавых).

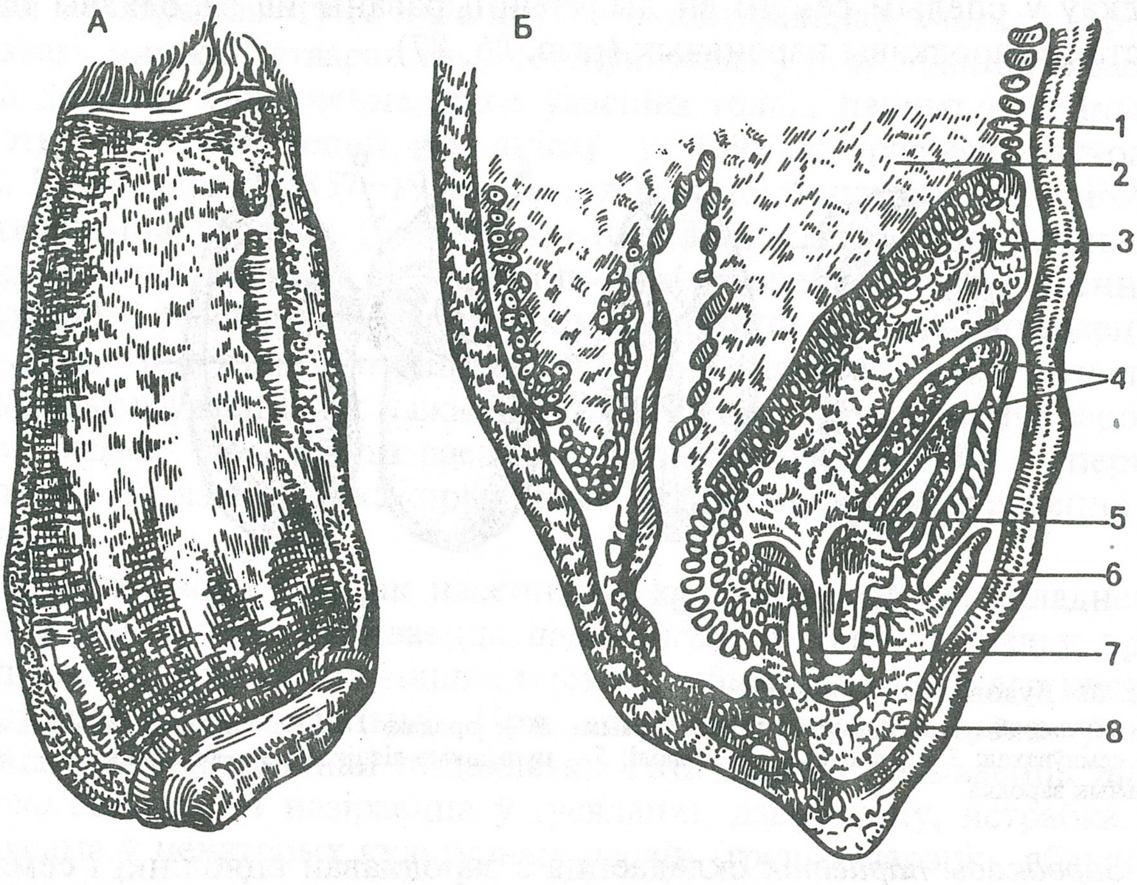
У некаторых раслін зародак недаразвіты і ўяўляе сабой перадзародак (не дыферэнцыраваны на зародкавыя органы; у ворлікаў, пылюшніку, ландыша, майніку, чараўніка, ятрышніку), бо складаецца ўсяго з некалькіх клетак (у лілеі).

Семядолі — гэта змененыя першыя лісты зародка.

Колькасць семядоль — дзве (у двухдольных) і адна (у аднадольных). У той жа час у двухдольных могуць назірацца адхіленні як у бок памяншэння, так і ў бок павелічэння колькасці

семядоль да трох-пяці. Часцей назіраецца памяншэнне семядоль да адной і ўзнікае так званая ілжэаднадольнасць (у парасоністых, казяльцовых).

Семядолі маюць вялікае значэнне для раслін, асабліва на першых этапах жыцця. У некаторых раслін яны з'яўляюцца першым асімілюючым лісцем (клён, ліпа, фасоля, агурок, гарбуз і інш.). Пры прарастанні насення яны выносяцца на паверхню глебы і зелянеюць. У некаторых раслін (гарбуз, гарох, дуб, ляшчына, фасоля) семядолі ўтрымліваюць вялікую колькасць пажыўных рэчываў і маюць выгляд буйных мясістых цел.



Рыс. 87. Будова зярняўкі пшаніцы:
А — знешні выгляд; *Б* — падоўжны разрэз; *1* — алейронавы пласт; *2* — крухмаланосная частка; *3* — шчыток; *4* — пупышка; *5* — зародкавая сцяблінка; *6* — эпібласт; *7* — зародкавы карэньчык; *8* — калеарыза

Эндасперм семені — мнагаклетачнае ўтварэнне, якое фарміруецца з апладнёнага другаснага зародкавага ядра. Ён забяспечвае жыўленне зародка. На пачатковых этапах развіцця семені ў эндасперме актыўна праходзяць метабалічныя працэсы, у выніку якіх рэчывы, што паступаюць з матчынага арганізма, перапрацоўваюцца і перадаюцца ў зародак. У той жа час у многіх раслін гэтыя працэсы хутка затухаюць і ў эндасперме пачынаюць адкладвацца пажыўныя рэчывы ў запас. У спелым насенні квет-

кавых раслін суадносіны памераў зародка і эндасперма могуць моцна вар'іраваць. У адных раслін (напрыклад, у лілейных) зародак вельмі малы і эндасперм займае амаль увесь аб'ём семені. У другіх, наадварот, зародак на час паспявання насення спажывае амаль увесь эндасперм і ад яго застаецца толькі невялікі пласт клетак (у яблыні). У некаторых раслін спелае семя складаецца з зародка і насеннай лупіны (у струкавых, складанакветкавых, гарбузовых). Існуюць віды, у якіх семя ўяўляе сабой прамежкавыя формы. Такім чынам, запас пажыўных рэчываў семені можа быць сканцэнтраваны або ў эндасперме, у семядолях (у зародку), або ў эндасперме і зародку. У насенні шэрага раслін з рэшткаў нуцэлуса можа фарміравацца пажыўная тканка – перысперм.

У залежнасці ад таго, дзе менавіта адкладваюцца запасныя пажыўныя рэчывы, адрозніваюць наступныя тыпы насення: 1) насенне з эндаспермам (у жыта, касача, маку, морквы, пшаніцы, цыбулі, ячменю); 2) насенне без эндасперму (пажыўныя рэчывы назапашваюцца галоўным чынам у семядолях (у бобу, гароху, дуба, сланечніку, стрэлкалісту, урэчніку, шальніку); 3) насенне з перыспермам (у бурака, гваздзікоў, зоркаўкі, куколю); 4) насенне з эндаспермам і перыспермам (у гарлачыка белага, гарлачыка жоўтага, перцу чорнага).

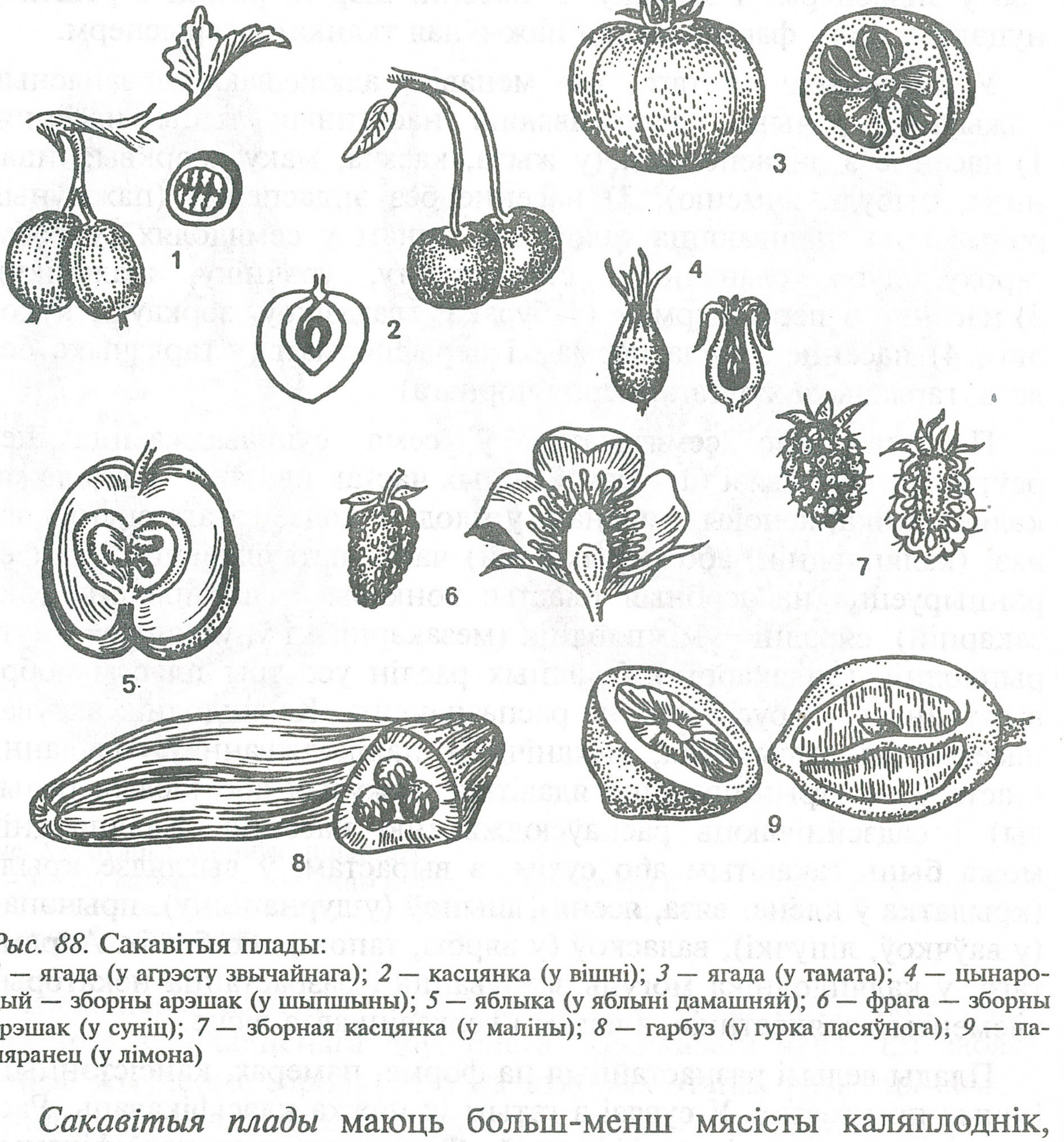
Пераўтварэнне семязачатка ў семя суправаджаецца пераўтварэннем завязі (а часам і іншых частак кветак – кветаложа, калякветніка, асновы тычынак) у плод. У ходзе гэтага сценка завязі (каляплоднік, або перыкарпій) часта патаўшчаецца і дыферэнцыруецца на асобныя пласты: вонкавы – пазаплоднік (экзакарпій), сярэдні – міжплоднік (мезакарпій) і ўнутраны – унутрыплоднік (эндакарпій). У адных раслін усе тры пласты добра выражаныя, у другіх яны не распазнаюцца. Каляплоднік ахоўвае насенне ад высыхання, механічных пашкоджванняў, паядання (часта ў ім утрымліваюцца ядавітыя, вяжучыя або кіслыя рэчывы) і садзейнічаюць распаўсюджванню насення. Каляплоднік можа быць сакавітым або сухім, з вырастамі ў выглядзе крыла (крылатка ў клёна, вяза, ясеня), шыпоў (у дурнап'яну), прычэпак (у ваўчкоў, ліпучкі), валаскоў (у вярбы, таполі) або без іх. Акрамя таго, у каляплодніка могуць захоўвацца і разрастацца некаторыя элементы калякветніка, а часам і верхавінкавае лісце.

Плады вельмі разнастайныя па форме, памерах, кансістэнцыі і іншых прыкметах. У сувязі з гэтым іх цяжка класіфікаваць. Распрацавана некалькі класіфікацый. Філагенетычная класіфікацыя заснавана на тыпе гінецэя. Плады, утвораныя прымітыўным апакарпным гінецэем (пладалісцікі не зрастаюцца паміж сабой), называюцца *апакарпнымі* або *апакарпіямі* (лістоўка, струк, арэшак і

г. д.), а больш эвалюцыйна прасунутым цэнакарпным (калі пладалісцікі зрастаюцца) — *цэнакарпнымі* або *цэнакарпіямі*. Але гэтая класіфікацыя даволі складаная.

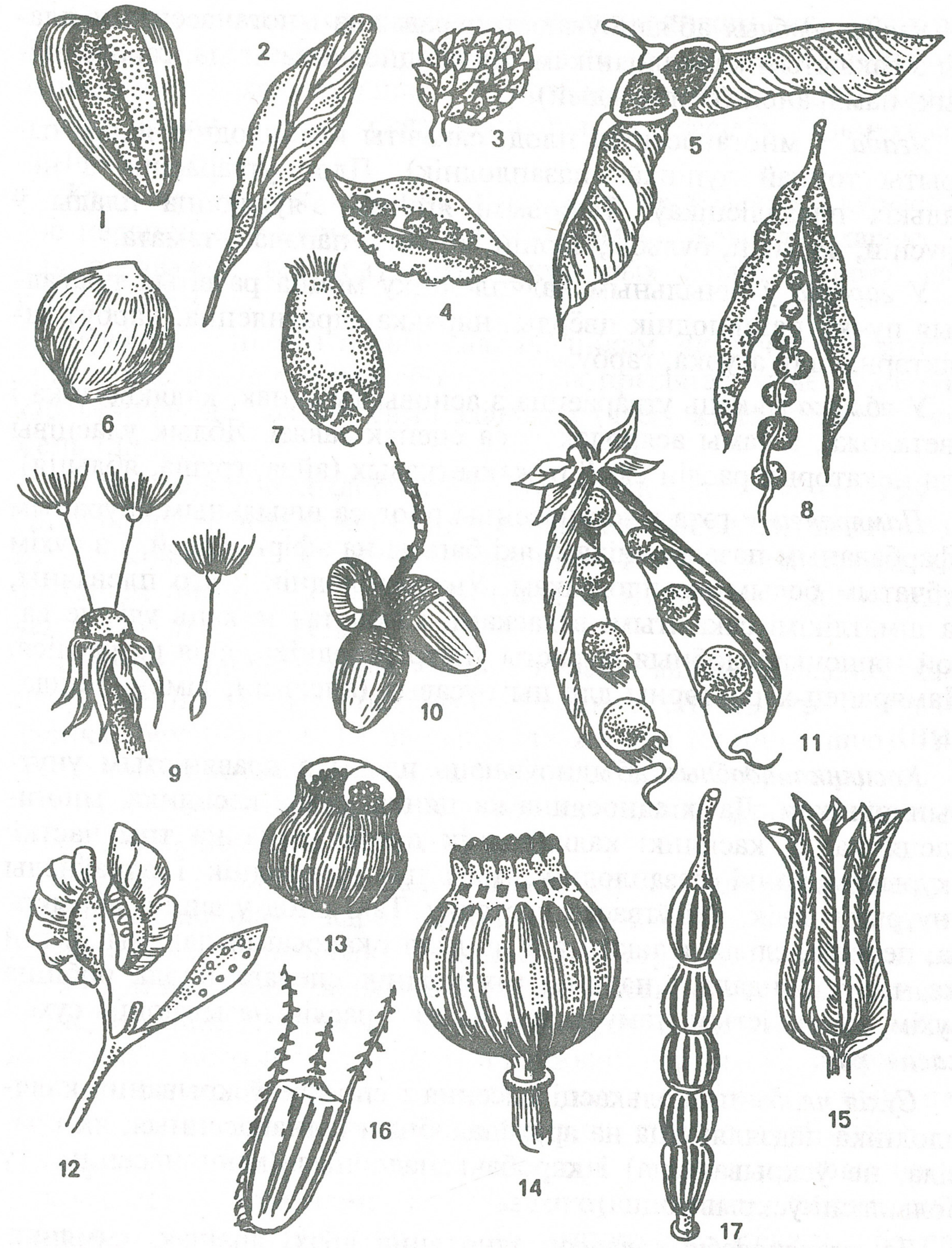
Марфалагічная класіфікацыя заснавана на кансістэнцыі каляплодніка, колькасці ў ім насення і спосабе ўскрывання пладоў. Такая класіфікацыя дастаткова простая і шырока выкарыстоўваецца, хоць і з'яўляецца штучнай.

Па кансістэнцыі каляплодніка адрозніваюць сакавітыя і сухія плады (рыс. 88, 89).



Рыс. 88. Сакавітыя плады:
1 — ягада (у агрэсту звычайнага); *2* — касцянка (у вішні); *3* — ягада (у тамата); *4* — цынародый — зборны арэшак (у шыпшыны); *5* — яблыка (у яблыні дамашняй); *6* — фрага — зборны арэшак (у суніц); *7* — зборная касцянка (у маліны); *8* — гарбуз (у гурка пасяўнога); *9* — памяранец (у лімона)

Сакавітыя плады маюць больш-менш мясісты каляплоднік, які ўтрымлівае адно або некалькі сямян. Мясістая частка яго звычайна ўтвараецца з міжплодніка. Да сакавітых пладоў адносяцца ягадападобныя і касцянкападобныя.



Рыс. 89. Сухія плады:
1 — сямянка (у сланечніку); *2* — крылатка (у ясеня звычайнага); *3* — зборны арэшак (у казяльцу); *4* — лістоўка (у рагульні палявой); *5* — двухкрылатка (у клёна востралістага); *6* — арэх (у ляшчыны звычайнай); *7* — зярняўка (у пшаніцы); *8* — стручок (у капусты); *9* — сямянка з парасонікам (у дзьмухаўца звычайнага); *10* — жолуд (у дуба звычайнага); *11* — струк (у гароху пасяўнога); *12* — стручочак (у торбачніку палявога); *13*, *14* — каробачка (адпаведна ў блёкату чорнага і маку); *15* — зборная лістоўка (у ворлікаў звычайных); *16* — сямянка з прычэпкамі (у ваўчкоў трохраздзельных); *17* — членісты стручок (у рэдзькі дзікай)

Ягадападобныя аб'ядноўваюць пераважна многанасенныя плады з сакавітым каляплоднікам. Да іх адносяцца ягада, гарбуз, яблык, памяранец (гесперыдый).

Ягада – многанасенны плод, сакавіты каляплоднік якога пакрыты тонкай лупінай (пазаплоднік). Плод утвараецца з некалькіх пладалісцікаў. Тыповымі ягадамі з'яўляюцца плады ў брусніц, журавін, бульбы, чарніц, агрэсту, парэчак, тамата.

У *гарбуза* ў шчыльным каляплодніку моцна развітыя правадныя пучкі, пазаплоднік цвёрды, нярэдка адраўняецца. Гарбуз характэрны для агурка, гарбуза.

У *яблыка* мякаць утвараецца з асновы тычынак, калякветніка і кветаложа, а самы асяродак – са сценак завязі. Яблык уласцівы для некаторых раслін сям'і ружакветкавых (айва, груша, яблыня).

Памяранец – гэта многанасенны плод са шчыльным скураным афарбаваным пазаплоднікам, які багаты на эфірны алей, і з сухім губчатым белым міжплоднікам. Унутрыплоднік у яго плевачны, са шматлікімі сакавітымі валаскамі. Сакавітая мякаць уяўляе сабой мяшочкападобныя вырасты ўнутрыплодніка, якія разрасліся. Памяранец характэрны для цытрусавых (апельсін, лімон, мандарын).

Касцянкападобныя аб'ядноўваюць плады з драўняністым унутрыплоднікам. Да іх адносяцца касцянка, сухая касцянка, многакасцянка. У касцянкі каляплоднік падзяляецца на тры часткі: скурысты тонкі пазаплоднік, мясісты міжплоднік і адраўнелы ўнутрыплоднік, які ўтварае костачку. Такі плод у вішні, абрыкоса, персіка, слівы, а таксама ў міндаля і какосавай пальмы. У той жа час у міндаля і пальмы міжплоднік спелага плода робіцца сухім, валакністым, таму плады ў гэтых раслін называюцца сухой *касцянкай*.

Сухія плады па колькасці насення і спосабе ўскрывання каляплодніка падзяляюцца на арэхападобныя (аднанасенныя, як правіла, не ўскрываюцца) і каробачкападобныя (многанасенныя, у большасці ўскрываюцца).

Да *арэхападобных пладоў* адносяцца арэх, арэшак, сямянка, крылатка, зярняўка.

Арэх і арэшак – гэта плады са шчыльным адраўнелым каляплоднікам, у якім утрымліваецца адзінае семя. Семя лёгка аддзяляецца ад каляплодніка. Арэх і арэшак адрозніваюцца паміж сабой толькі памерамі. Такія плады фарміруюцца ў казяльцовых, грэчкі, зябру, шалфею. У ляшчыны плод уяўляе сабой тыповы арэх, які размяшчаецца ў плюсцы (асобае ўтварэнне, што развіваецца з прыкветнікаў).

Сямянка – плод са скурыстым каляплоднікам, які лёгка аддзяляецца ад насення і адрозніваецца ад арэшка толькі ступенню зацвярдзення каляплодніка. Тыповымі сямянкамі з’яўляюцца плады раслін з сям’і складанакветкавых (васілёк, дзьмухавец, сланечнік і інш.).

Крылатка – гэта сямянка ці арэшак, якія маюць скурыстыя або перапончатыя крылападобныя прыдаткі. Крылатка характэрная пераважна для драўняных і кустовых раслін (бяроза, вяз, ясень і інш.).

Зярняўка – плод з тонкім каляплоднікам, які шчыльна зрастаецца з насеннай лупінай або шчыльна прылягае да яе. Зярняўка характэрная для раслін сям’і злакавых (авёс, жыта, пшаніца, ячмень і інш.).

Сярод каробачкападобных пладоў самай прымітыўнай з’яўляецца *лістоўка*. Яна ўтвараецца з аднаго пладалісціка, аднагняздовая, ускрываецца ў месцы зрастання краёў пладалісціка (па брушным шве) – як бы раскручваецца. Плод лістоўка, напрыклад, у рагулек палявых.

Струк – аднагняздовы плод, утвораны адным пладалісцікам. Ускрываецца дзвюма створкамі ў месцы зрастання краёў пладалісціка (брушное шво) і па сярэдняй жылцы (спіннoe шво). Насенне прымацоўваецца ўздоўж брушнога шва. Струк характэрны для раслін сям’і струкавых (баркун, гледычыя, лубін, жаўтазель, бабоўнік, канюшына, стальнік і інш.).

Стручок і стручочак падобныя да струка, але ўтвараюцца з двух пладалісцікаў і адрозніваюцца наяўнасцю паміж створкамі несапраўднай перагародкі. Ускрываюцца стручок і стручочак падоўжна дзвюма ападаючымі створкамі. Насенне ў іх прымацавана да перагародкі. Стручок і стручочак адрозніваюцца паміж сабой даўжынёй і шырынёй. У першага даўжыня перавышае шырыню ў 3 разы і больш (гарчыца, капуста). У другога даўжыня крыху перавышае шырыню або роўная ёй (гарліца, стрэлкі, торбачнік).

Каробачка – сухі, многанасенны, адна- і шматгняздовы плод. Ускрываецца зубчыкамі (у гваздзікоў, куколю, ключыкаў), дзірачкамі (у маку), крышачкай (у трыпутніку, блёкату) або падоўжанымі трэшчынамі – створкамі. Апошнія могуць разыходзіцца па месцы зрастання пладалісцікаў (у фіялкі), па іх сярэдняй жылцы (у лілеі, касача, цюльпана), сценкаадрыўна (перагародкі застаюцца злучанымі ў цэнтры, а створкі адыходзяць ад іх, напрыклад у дурнап’яну).

У шэрагу відаў многанасенныя плады пры паспяванні распадаюцца на часткі (мерыкарпіі), якія адпавядаюць пладалісцікам або іх падоўжаным палоўкам. Такія плады называюцца *дробнымі*.

Прыкладамі могуць служыць віслаплоднік парасоністых, плод губакветкавых (распадаецца на чатыры арэшкі), двухкрылатка клёна.

У некаторых відаў плады разломліваюцца па папярочных (несапраўдных) перагародках на аднанасенныя членікі. Гэтыя плады называюцца *членістымі* (у дзікай рэдзькі).

У асобных відаў плады ўтвараюцца з некалькіх песцікаў адной кветкі. Яны называюцца зборнымі (многалістоўка ў ворлікаў, латаці, півоні, пярэсны; многаарэшак у курасляпу, гусялапкі, панікніцы; многакасцянка ў ажыны і маліны).

Асобым тыпам многаарэшка з'яўляюцца суніца і цынародый. У суніцы шматлікія плодзікі-арэшкі размяшчаюцца на мясістым і сакавітым кветаложы (суніцы; такі плод называюць яшчэ фрагай).

Цынародый утвараецца тады, калі асобныя плодзікі многаарэшка размяшчаюцца на ўнутранай паверхні кубкападобнага або збанападобнага ярка афарбаванага мясістага кветаложа (ружа, шыпшына).

У некаторых відаў некалькі кветак суквецця зрастаецца разам. У такіх выпадках у далейшым фарміруецца суплоддзе (у буракоў, шаўкоўніцы, ананаса).

Плады і насенне пасля паспявання распаўсюджваюцца на розныя адлегласці. У залежнасці ад агентаў распаўсюджвання пладоў і насення расліны можна падзяліць на некалькі груп: 1) анемахорныя (распаўсюджваюцца ветрам); 2) заахорныя (жывёламі), у тым ліку мірмекахорныя (мурашкамі), арнітахорныя (птушкамі); 3) гідрахорныя (вадой); 4) антрапахорныя (чалавекам) і 5) аўтахорныя (самараспаўсюджванне).

У працэсе эвалюцыі ў пладоў і насення ўзнікла шмат прыстасаванняў, якія садзейнічаюць распаўсюджванню. Гэта крылападобныя вырасты (бяроза, клён), валаскі (таполя, астра), паветраныя поласці (асокі), кручкі (дурнап'ян), шчацінкі (ваўчкі) і інш. Плады з сакавітым каляплоднікам, ярка афарбаваныя прываблiваюць жывёлін. Пры паяданні насенная лупіна не пераграўляецца і насенне такім чынам распаўсюджваецца.

У многіх раслін спелыя плады пры падсыханні трэскаюцца і раскідваюць насенне (віка, герань балотная, браткі, фіялка, бальзамін).

Разнастайнасць пладоў і насення, а таксама спосабаў іх распаўсюджвання пры дапамозе розных прыстасаванняў забяспечвае існаванне і росквіт відаў раслін.

Прарастанне сямян і фарміраванне праросткаў

Адной з найбольш важных асаблівасцей сямян з'яўляецца іх здольнасць значны час знаходзіцца ў стане спакою. У залежнасці ад хуткасці прарастання сямян пасля выспявання і працягласці захавання ўсходжасці можна вылучыць некалькі груп раслін:

1) насенне прарастае на матчынай расліне яшчэ да ападзення. Гэта так званыя жывародныя расліны. Да іх адносяцца, напрыклад, расліны мангравых зараснікаў у трапічным поясе;

2) насенне можа прарастаць адразу пасля ападзення і хутка страчвае ўсходжасць (вярба, таполя);

3) насенне прарастае адразу або ў хуткім часе пасля ападзення і захоўвае ўсходжасць 4—18 гадоў. Да гэтай группы адносіцца большасць культурных раслін;

4) насенне мае глыбокі перыяд спакою і доўга захоўвае ўсходжасць (25—40 гадоў і больш). Да гэтай групы адносіцца насенне многіх драўняных раслін, лясных траў і пустазелля. Такое насенне не прарастае нават пры самых спрыяльных умовах.

Прычыны глыбокага спакою насення розныя: фізіялагічная няспеласць зародка і яго недаразвіццё, непранікальнасць насеннай лупіны для вады і кіслароду. Некаторае фізіялагічна няспелае насенне, каб прарасці, павінна прайсці шэраг складаных ферментатыўных, біялагічных і марфалагічных змен, што называецца даспяваннем. У зоне з умераным кліматам яно стымулюецца нізкімі зімовымі тэмпературамі. Такім чынам, неабходнасць у даспяванні папярэджвае прарастанне сямян у халодны час, калі выжыванне праростка практычна немагчыма.

Перыяд спакою вельмі важны для выжывання раслін. Гэты перыяд з'яўляецца як бы механізмам, які забяспечвае прарастанне насення толькі ў спрыяльных для далейшага развіцця ўмовах. Насенне некаторых раслін павінна прайсці праз страўнікава-кішачны тракт птушак або млекакормячых, што спрыяе больш шырокаму рассяленню раслін. У шэрагу пустынных раслін насенне пачынае прарастаць толькі пасля таго, як дажджом вымываюцца інгібітары, што ўтрымліваюцца ў насеннай лупіне; гэта адаптацыя гарантуе развіццё ўсходаў у рэдкія перыяды дастатковага ўвільгатнення глебы. Насенная лупіна можа парушацца механічна, напрыклад пры перакачванні насення вадой па камяністым рэчышчы. Часам перыяд спакою праходзіць у шышках або пладах да таго часу, пакуль насенне не вызваліцца пад уплывам высокіх тэмператур. У некаторых відаў хвоі гэта адбываецца, калі цяпло растапіць смалу, якая склейвае лускі шышкі. Напрыклад, пры пажарах агонь растаплівае смалу, шышка ўскры-

ваецца і насенне высыпаецца на спустошаную пажарам глебу, дзе і прарастае.

У перыяд паспявання і распаўсюджвання насення рост зародка звычайна спыняецца. Аднаўленне росту, або прарастанне насення, залежыць ад многіх, як знешніх, так і ўнутраных, фактараў. Сярод знешніх фактараў больш важнымі з'яўляюцца вада, кісларод і тэмпература. Акрамя таго, для прарастання дробнага насення, напрыклад латуку і шмат якога пустазелля, звычайна патрабуецца прысутнасць святла.

Спелае насенне ў большасці выпадкаў вельмі сухое (вільготнасць звычайна 5–20 %), у выніку чаго прарастанне сямян немагчыма да таго часу, пакуль яны не ўсмокчуць пэўную колькасць вады, неабходнай для метабалічнай актыўнасці. Пры гэтым актывізуюцца ферменты, якія ўтрымліваюцца ў насенні, і сінтэзуюцца новыя. Яны ўдзельнічаюць у расшчапленні і скарыстанні пажыўных рэчываў, назапашаных падчас фарміравання зародка і паспявання насення. У зародку аднаўляюцца падзелы і расцягванне клетак. Для далейшага росту неабходна безупыннае паступленне вады і пажыўных рэчываў. Калі насенне паглынае ваду, яно набухае і ўнутры яго можа развівацца значны ціск.

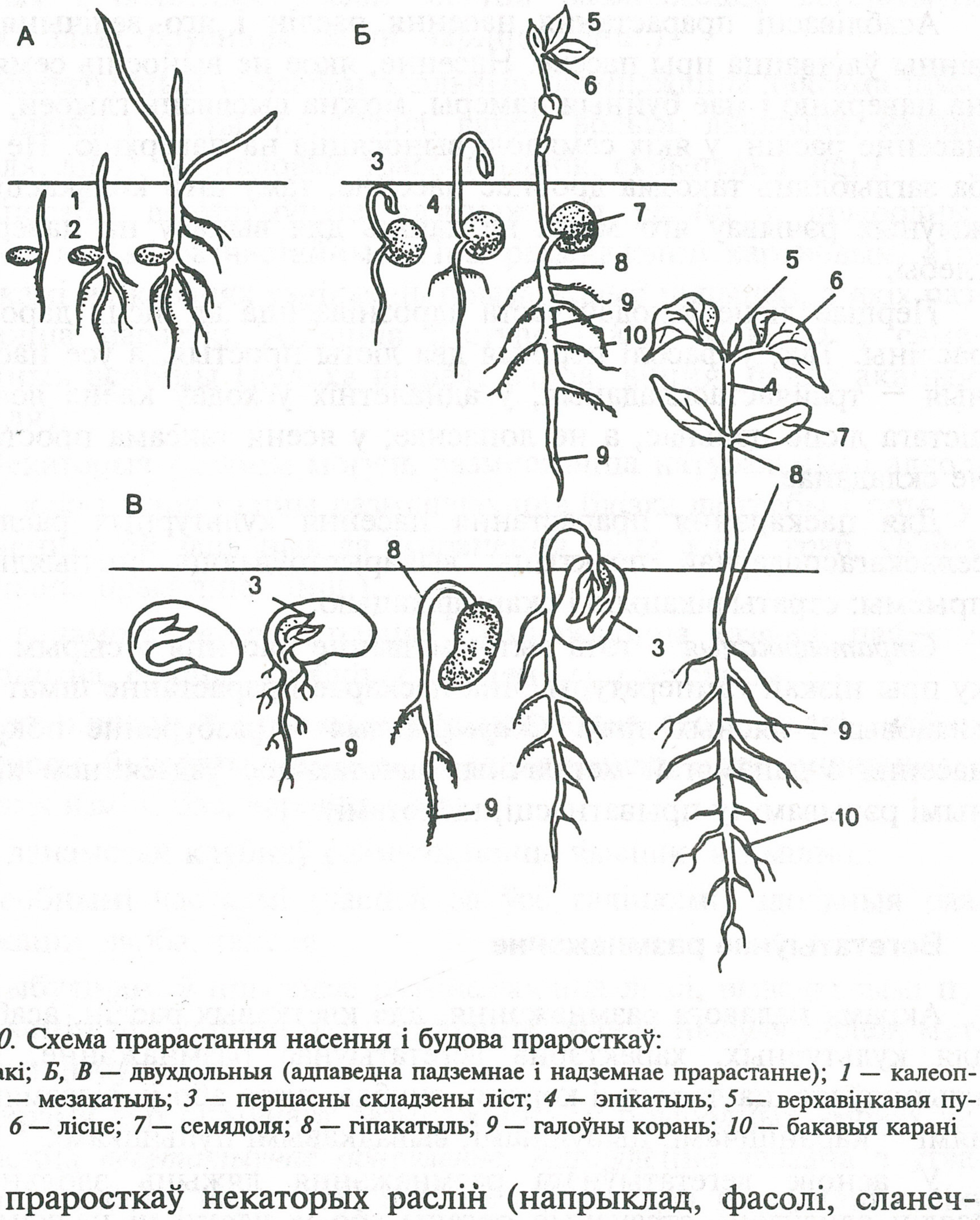
На ранніх стадыях прарастання дыханне можа быць цалкам анаэробным, але як толькі насенная лупіна лопаецца, яно робіцца аэробным і патрабуе кіслароду. Калі глеба перасычана вадой, даступная насенню колькасць кіслароду можа аказацца недастатковай для такога дыхання, і прарастанне стане немагчымым.

Для работы ферментаў і ажыццяўлення працэсаў метабалізму патрабуецца цяпло. Аптымальная тэмпература для прарастання насення амаль усіх раслін 25–30 °С, але насенне некаторых раслін умеранай або паўночнай зоны можа прарастаць пры тэмпературы 0–5 °С, а трапічнай і субтрапічнай – пры 10–20 °С. Максімальная тэмпература, пры якой магчыма прарастанне насення, – 45...–48 °С.

Такім чынам, калі насенне паспявае і трапляе ў спрыяльныя ўмовы, яно пачынае прарастаць. Гэты працэс пачынаецца з набухання насення, у выніку чаго яно паглынае вялікую колькасць вады і пад уплывам унутранага ціску лопаецца насенная лупіна. Пачынае расці карэньчык. Гэта дае магчымасць парастку замацавацца ў глебе і пачаць паглынаць ваду. У працэсе росту карэньчык пераўтвараецца ў першасны корань, утварае бакавыя адгалінаванні – бакавыя карані; яны ў сваю чаргу зноў галінуюцца і ўтвараецца каранёвая сістэма. У аднадольных пер-

шасны корань, як правіла, недаўгавечны і каранёвая сістэма развіваецца з прыдаткавых каранёў.

Парастак па-рознаму выходзіць з насення пры прарастанні розных відаў; у некаторых раслін пасля паяўлення кораня сцяблінка падаўжаецца і петлепадобна выгінаецца і праз глебу прабіваецца верхавінай выгібу, у выніку чаго пупышачка не пашкоджваецца пры вынасе яе з глебы. Пазней сцяблінка разгінаецца (рыс. 90).



Рыс. 90. Схема прарастання насення і будова праросткаў:
А — злакі; *Б, В* — двухдольныя (адпаведна падземнае і надземнае прарастанне); *1* — калеоптыль; *2* — мезакатыль; *3* — першасны складзены ліст; *4* — эпікатыль; *5* — верхавінкавая пупышка; *6* — лісце; *7* — семядоля; *8* — гіпакатыль; *9* — галоўны корань; *10* — бакавыя карані

У праросткаў некаторых раслін (напрыклад, фасолі, сланечніку і інш.) семядолі выносяцца на паверхню глебы, зелянеюць і часова ажыццяўляюць функцыю фотасінтэзу (надземны тып прарастання). Тая частка сцябла, што размяшчаецца паміж семядолямі і каранёвай шыйкай, называецца *падсемядольным каленам*

або *гіпакатылем*. Участак сцябла, які размяшчаецца паміж семядолямі і першым лістом, называецца *надсемядольным каленам* або *эпікатылем*. У іншых раслін (гарох, дуб) пры прарастанні насення семядолі застаюцца ў глебе і пупышачка выносіцца на паверхню эпікатылем (падземны тып прарастання). Пры прарастанні насення злакаў адзіная семядоля застаецца ў семені, а праз глебу прабіваецца *калеоптыль* (вонкавы зародкавы ліст), які ахоўвае пупышачку ад пашкоджання.

Асаблівасці прарастання насення раслін і яго велічыня павінны ўлічвацца пры пасеве. Насенне, якое не выносіць семядолі на паверхню і мае буйныя памеры, можна высяваць глыбей, чым насенне раслін, у якіх семядолі выносяцца на паверхню. Не трэба заглыбляць таксама дробнае насенне, таму што колькасці пажыўных рэчываў яго можа не хапіць для вынасу на паверхню глебы.

Першае лісце ўсходаў часта адрозніваецца ад лісця дарослай расліны. Так, у фасолі першыя два лісты простыя, а ўсе наступныя – трайчастаскладаныя, у аднагадовых усходаў клёна востралістага лісце цэльнае, а не лопаснае; у ясеня таксама простае, а не складанае.

Для паскарэння прарастання насення культурных раслін у сельскагаспадарчай практыцы выкарыстоўваюць спецыяльныя прыёмы: стратыфікацыю і скарыфікацыю.

Стратыфікацыя – гэта вытрымліванне насення ў сырым пяску пры нізкай тэмпературы. Яна паскарае прарастанне шмат якіх пладовых і лясных дрэў. *Скарыфікацыя* – разбурэнне покрыва насення з дапамогай металічных шчотак або ўздзеяннем хімічнымі рэчывамі (у прыватнасці, кіслотамі).

Вегетатыўнае размнажэнне

Акрамя палавога размнажэння, для кветкавых раслін, асабліва для культурных, характэрна вегетатыўнае размнажэнне, якое ажыццяўляецца часткамі кораня, сцябла, ліста або іх відазмяненнямі – карэнішчамі, цыбулінамі, вывадкавымі пупышкамі.

У аснове вегетатыўнага размнажэння ляжыць здольнасць раслін аднаўляць страчаныя органы або іх часткі ці цалкам аднаўляць увесь арганізм з асобных участкаў цела. Пры такім спосабе размнажэння нашчадкі захоўваюць усе прыкметы матчынай асобіны. Вегетатыўныя нашчадкі адной асобіны называюцца *кло-*

нам. Вегетатыўнае размнажэнне вельмі шырока распаўсюджана ў прыродзе, асабліва яно часта назіраецца ва ўмовах, неспрыяльных для насеннага размнажэння (кароткі вегетацыйны перыяд, моцнае зацяненне, залішняе ўвільгатненне, адсутнасць апыляльнікаў, густы мохавы покрыў або дзярніна, якія перашкаджаюць прарастанню насення і развіццю ўсходаў). Даволі часта такія ўмовы складаюцца пад полагам лесу і на балоце, таму большасць лясных і балотных раслін могуць размнажацца вегетатыўна (асокі, злакі, брусніцы, багун, чарніцы і інш.).

Вегетатыўным спосабам здольныя размнажацца таксама шмат якія дрэвы і кусты (брызгліна, вярба, вольха, ляшчына, каліна, таполя, ліпа), многагадовыя травы (пырнік, скрыпень і інш.).

Спосабы вегетатыўнага размнажэння раслін у прыродных умовах вельмі разнастайныя. Пры размнажэнні каранёвымі атожылкамі на каранях узнікаюць прыдаткавыя пупышкі, з якіх развіваюцца парасткі. Апошнія паступова адасабляюцца ў самастойныя асобіны (вольха шэрая, вярба, вішня, белая акацыя, таполя).

Некаторыя расліны могуць размнажацца натуральнымі адводкамі, калі ніжнія галіны размяшчаюцца блізка да глебы і пры сутыкненні з ёй здольныя да ўкаранення (ліпа, клён, граб, каліна, ляшчына, брызгліна і інш.).

З дапамогай вусоў і плецяў размнажаюцца казялец паўзучы, канюшына, суніцы, клубніцы, касцяніцы, расходнік.

Карэнішчамі ў прыродзе размнажаюцца асокі, злакі, майнік двухлісты, брусніцы, чарніцы, ландыш майскі, мята, імшарніца, а таксама язмін, бэз, чаромха і інш.

З дапамогай клубняў размнажаюцца чысцяк, ятрышнік.

Асобнымі часткамі (часцей за ўсё галінкамі) здольныя размнажацца вярба, таполя.

Цыбулінамі ў прыродзе размнажаюцца лілеі, вывадкавымі пупышкамі і цыбулінамі размнажаюцца гусіная цыбуля, лілея, метлюжок цыбульны.

Акрамя вегетатыўнага размнажэння, у прыродных умовах адбываецца *вегетатыўнае аднаўленне.* Аднаўленне звязана з утварэннем пнёвых парасткаў, калі не адбываецца павелічэння ліку асобін і рассялення па тэрыторыі. Пасля высякання лесу або пагібелі кроны дрэва ў аснове пня з прыдаткавых пупышак узнікаюць парасткі, з якіх развіваецца дарослая расліна (вярба, таполя, бяроза і інш.).

На падставе натуральнага вегетатыўнага размнажэння ў практыцы сельскай гаспадаркі распрацаваны разнастайныя спосабы штучнага вегетатыўнага размнажэння культурных раслін. Для гэтага часцей за ўсё выкарыстоўваюць клубні (бульба, вяргіня), карэнішча (касач, флёкс), вусы (суніцы), цыбуліны (цыбуля, цюльпан), каранёвыя атожылкі (вішня, маліна); шмат якія культурныя расліны размнажаюць чаранкамі, атожылкамі, а таксама прышчэпкамі.

Чаранок – гэта ўчастак парастка, кораня або ліста матчынай расліны. *Парасткавыя чаранкі* могуць быць зімовымі – без лісця, але з пупышкамі і летнімі – з лісцем (з парасткаў бягучага года). Парасткавымі чаранкамі размнажаюцца вярба, таполя, парэчкі, брызгліна, а таксама многія пакаёвыя расліны.

Ліставыя чаранкі – гэта ліст з уласным чаранком. Прыдаткавыя карані ўзнікаюць часцей за ўсё на марфалагічна ніжнім баку ліста ў месцах разгалінавання буйных жылак; пупышкі, а потым і парасткі – на марфалагічна верхнім баку. Размнажаюць ліставымі чаранкамі такія расліны, як лілея, бягонія, узумбарская фіялка, глаксінія, альяс, расходнік і некаторыя іншыя.

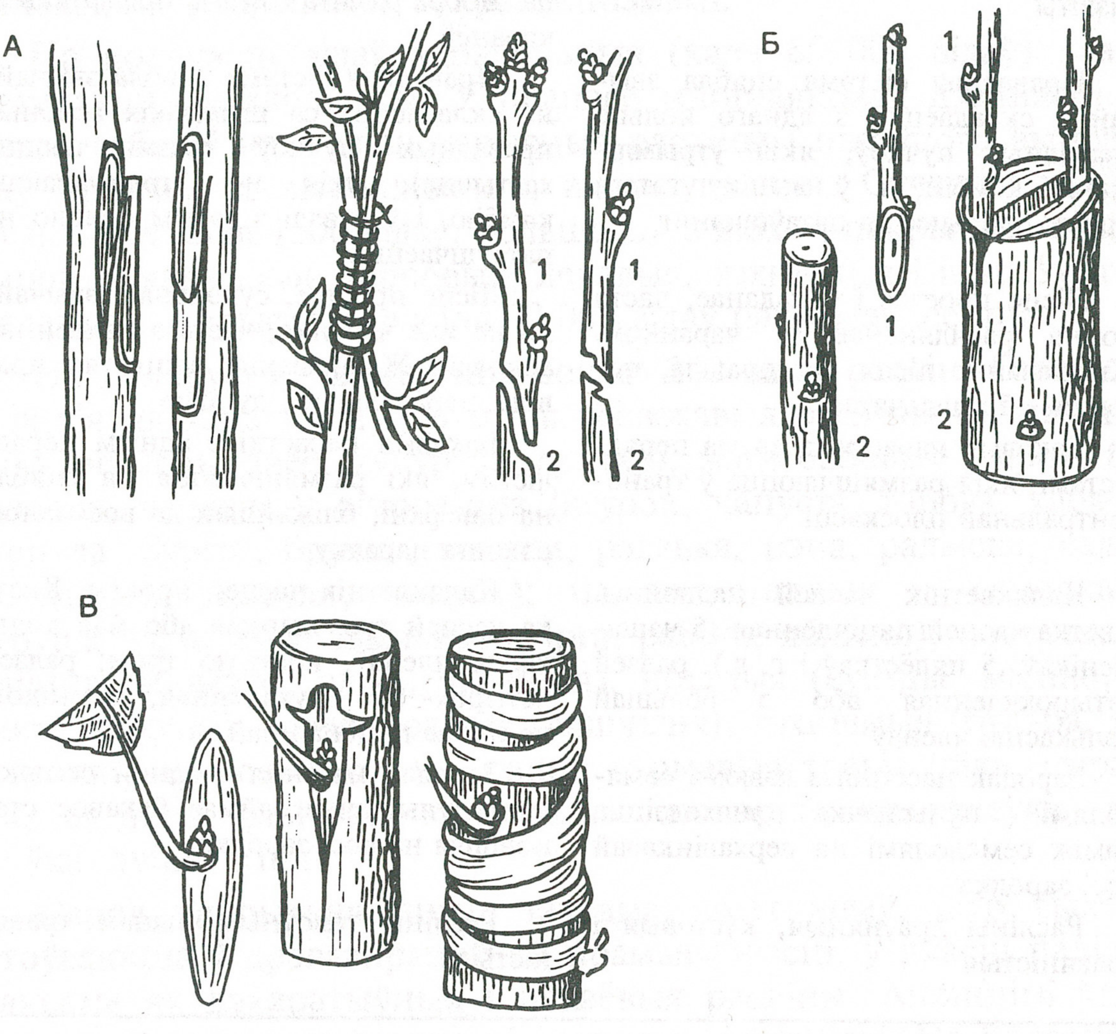
Каранёвымі чаранкамі размнажаюць віды раслін, карані якіх лёгка ўтвараюць прыдаткавыя пупышкі (маліна, ажына, вішня, ружы, брызгліна, арэшнік).

У сельскагаспадарчай практыцы некаторыя расліны (арэшнік, вінаград, агрэст, парэчкі) размнажаюць *штучнымі сцябловымі адводкамі*. Пры гэтым адну або некалькі галінак нагінаюць дугападобна і засыпаюць увільготненай глебай. Праз два-тры месяцы (бліжэй да восені) у адводкаў у вузлах з'яўляюцца карані і новыя расліны аддзяляюць ад матчынай.

У садаводстве вельмі шырока выкарыстоўваюць прышчэпкі. *Прышчэпка* – гэта зрастанне зрэзаных пупышак або сцябловых чаранкоў адной расліны з другой (на якую прышчэпліваюць). У гэтым выпадку пупышку або чаранок называюць *прышчэпкам*, а расліну, да якой прышчэпліваюць, – *прышчэпай*.

Існуе вельмі шмат спосабаў прышчэпак. Галоўныя з іх: прышчэпка набліжэннем, або аблактыроўка, – прышчэпак не адчляняецца ад матчынай расліны да зрастання з прышчэпай (рыс. 91); прышчэпка чаранком, або капуліроўка, – на аднагадовых чаранках прышчэпка з 2–3 пупышкамі, на сцябле прышчэпы робяць касыя зрэзы і прыкладваюць іх адзін да другога (сцёблы прышчэпка і прышчэпы павінны быць аднолькавай таўшчыні, каб супадалі іх камбіяльныя пласты). Калі дыяметры

сцяблін не супадаюць, прышчэпку робяць у расшчэп або пад кару. Пры прышчэпцы вочкам (акуліроўцы) прышчэпкам служыць спячая або растучая пупышка, якая аддзяляецца ад сярэдняй часткі парастка, і гэтую пупышку ўстаўляюць пад кару прышчэпы.



Рыс. 91. Спосабы прышчэпак:
А — аблактыроўка язычком; *Б* — капуліроўка (звычайная, напрыклад у расшчэп); *В* — акуліроўка; *1* — прышчэпак; *2* — прышчэпа

Класіфікацыя

Пакрытанасенныя расліны падзяляюцца на два класы: аднадольныя (Monocotyledoneae) і двухдольныя (Dicotyledoneae). Аднадольныя, па ўсёй верагоднасці, паходзяць ад двухдольных; ад двухдольных яны аддзяліліся на ранняй ступені іх эвалюцыі, і далейшая эвалюцыя абодвух класаў адбывалася незалежна і паралельна. Падабенства паміж імі намнога больш, чым розніцы, але ў той жа час гэтыя класы ўяўляюць сабой натуральныя групы раслін, якія лёгка распазнаюцца (табл. 2).

Табліца 2. **Асноўныя адрозненні паміж двухдольнымі і аднадольнымі раслінамі**

Двухдольныя	Аднадольныя
Каранёвая сістэма звычайна стрыжнёвая. Галоўны корань добра развіты	Каранёвая сістэма валасніковістая. Галоўны корань не выдзяляецца. Добра развіта сістэма прыдатковых каранёў
Правадная сістэма сцябла звычайна складаецца з аднаго кольца правадных пучкоў, якія ўтрымліваюць камбій, і ў выніку гэтага сцябло здольнае да патаўшчэння	Правадная сістэма сцябла звычайна складаецца са шматлікіх асобных правадных пучкоў (размяшчаюцца хаатычна), якія не ўтрымліваюць камбію, і ў сувязі з гэтым сцябло не патаўшчаецца
Лісце простае і складанае, часта моцна расчлянёнае, з чаранком. Жылкаванне лісця, як правіла, перыстае або пальчатае	Лісце простае, суцэльнае, звычайна не мае чаранка, часта з похвеннай асновай. Жылкаванне лісця, як правіла, паралельнае і дугавое
Бакавыя парасткі з двума перадлістамі, якія размяшчаюцца ў трансвентральнай плоскасці	Бакавыя парасткі з адным перадлістом, які размяшчаецца на сцябле на паверхні, бліжэйшай да восі папярэдняга парадку
Калякветнік часцей падвойны. Кветка часцей пяцічленная (5 чашалісцікаў, 5 пялёсткаў і г. д.), радзей чатырохчленная або з большай колькасцю членаў	Калякветнік часцей просты. Кветка часцей трохчленная або мае колькасць членаў, кратную тром; радзей чатырох- або двухчленная, але ніколі не бывае пяцічленнай
Зародак насення з дзвюма семядолямі; пупышачка знаходзіцца паміж семядолямі на верхавінкавай восі зародка	Зародак насення з адной семядоляй, пупышачка займае бакавое становішча на восі зародка
Расліны драўняныя, кустовыя і травяністыя	Расліны галоўным чынам травяністыя

З табл. 2 відаць, што двухдольныя і аднадольныя ні па адной прыкмеце рэзка не адрозніваюцца. Больш таго, у прадстаўнікоў некаторых відаў у наяўнасці агульныя прыкметы. Напрыклад, трыпутнік (двухдольная расліна) мае валасніковістую каранёвую сістэму і дугападобнае жылкаванне, а ў мудранкі чатырохлістай (аднадольная расліна) — чатырохчленная кветка. Некаторыя двухдольныя маюць адну семядолю (чысцяк), а ў асобных аднадольных (драцэна) назіраецца патаўшчэнне сцябла. Таму пры вызначэнні прыналежнасці пэўных раслін да класа мэтазгодна карыстацца ўсёй сукупнасцю прыкмет.

Сярод аднадольных такія добра вядомыя расліны, як злакі, лілеі, касачы, цыбуля, ландыш, майнік і інш. Да двухдольных адносяцца амаль усе знаёмыя нам дрэвы і кусты (акрамя хваёвых) і шмат якія травы лясоў, лугоў, узбярэжжаў рэк і азёраў.

Кветкавыя расліны адыгрываюць істотную ролю ў жыцці біясферы і чалавека. Яны паглынаюць велізарную колькасць вуглякіслага газу і ўзбагачаюць атмасферу кіслародам; аказваюць істотны ўплыў на клімат і працэсы глебаўтварэння; утвараюць вялікую колькасць арганічнага рэчыва, якое выкарыстоўваецца чалавекам, жывёлінамі, мікраарганізмамі.

Па колькасці відаў аднадольныя (каля 65 000 відаў) значна ўступаюць двухдольным. У працэсе шматвяковай дзейнасці чалавек адбіраў найбольш карысныя расліны і пастунова выпрацаваў прыёмы іх вырошчвання, акультурвання. Сучасны чалавек культывуе каля 1500 відаў, большасць з якіх — пакрытанасенныя, сярод іх кармавыя, харчовыя, лекавыя, тэхнічныя і інш. Усяго ж чалавек выкарыстоўвае каля 30 000 відаў пакрытанасенных.

На Беларусі культывуецца больш 230 відаў раслін. Галоўнымі з іх з'яўляюцца такія групы, як збожжавыя расліны (жыта, пшаніца, ячмень, авёс, кукуруза, грэчка); зернебабовыя (гарох, боб, фасоля, чачавіца); агародніна (агурок, капуста, гарбуз, кабачок, морква, буракі, бручка, таматы, рэдзька, рэпа, радыска, салата, сельдэрэй, цыбуля, часнок); пладова-ягадныя — семечкавыя (груша, глог, айва звычайная, ірга, рабіна, яблыня), костачкавыя (вішня, абрыкос, сліва, чарэшня), ягадныя (суніцы, маліна, агрэст, парэчкі); арэхаплодныя (ляшчына); тэхнічныя (бульба, лён, каноплі, цукровыя буракі, рапс); кармавыя травы (віка, сырадэля, суданка, райграс, канюшына, люцэрна, цімафееўка, купкоўка, лубін) і інш.

Сярод пакрытанасенных таксама шмат відаў, што выкарыстоўваюцца ў дрэваапрацоўчай прамысловасці, у якасці паліва, а таксама як дэкаратыўныя і пакаёвыя расліны. Апошнімі ўпрыгожваюць населеныя месцы і жылыя памяшканні. На Беларусі як дэкаратыўныя расліны выкарыстоўваецца каля 30 відаў і формаў мясцовых дрэвавых і кустовых парод (бяроза, клён, ліпа, дуб звычайны, ясень, каліна, рабіна, чаромха, рабіннік, пузыраплоднік, бружмель і інш.), а таксама вялікая колькасць інтрадукаваных (бэз, ружы, цюльпаны, нарцысы, флёксы, гіяцынты, лілеі, спірэі, арэхі, дубы, глогі і інш.).

Мноства раслін вырошчваюць для дэкаратыўнага афармлення ў жылых і грамадскіх памяшканнях. Пакаёвыя расліны паходзяць з трапічных і субтрапічных паясоў зямнога шара. Іх падзяляюць на некалькі груп: прыгожаквітучыя (амарыліс, бальзамін, глаксінія, клівія, пеларгонія, узумбарская фіялка, цыкламен); лісцевадэкаратыўныя (аспарагус, агава, аспідыстра, бягонія, драцэна, дыфенбахія, пальмы, сцындапсус, колеус, манстэра, сансавіера); ліяны і ампельныя расліны (зябрына, шпоракветнік,

плюшч, традэсканцыя, хларафітум, цызус, язмін) і сукуленты (альяс дрэвападобны, альяс стракаты, кактусы, брыяфілюм).

РОСТ І РАЗВІЦЦЁ РАСЛІН

Расліны – гэта жывыя істоты, якія ў працэсе свайго жыцця растуць і развіваюцца.

Індывідуальнае развіццё арганізма ад зіготы (або вегетатыўнага зачатка) да натуральнай смерці называецца *антагенезам* (ад грэч. on, р. скл. ontos – істота і genesis – узнікненне, утварэнне). У ходзе антагенезу рэалізуецца спадчынная інфармацыя ў канкрэтных умовах навакольнага асяроддзя, у выніку чаго фарміруецца сукупнасць усіх прыкмет і ўласцівасцей дадзенага індывідуальнага арганізма.

Антагенез суправаджаецца колькаснымі і якаснымі зменамі, якія адбываюцца ў арганізме і называюцца адпаведна ростам і развіццём.

Рост расліны адбываецца на працягу ўсяго жыцця і характарызуецца не толькі павелічэннем памераў і масы цела, але і ўтварэннем новых структурных элементаў у клетках і ў самім арганізме. Таму рост вызначаецца як неабарачальнае павелічэнне памераў і масы клеткі, органа або ўсёй расліны цалкам, звязанае з новаўтварэннем структурных элементаў.

Развіццё – гэта якасныя змены ў структуры і функцыянальнай актыўнасці расліны і яе частак (органаў, тканак і клетак) у працэсе антагенезу.

Звычайна колькасныя змены выклікаюць якасныя пераўтварэнні, а апошнія ў сваю чаргу прыводзяць да новых якасных змяненняў. Такім чынам, рост і развіццё цесна ўзаемазвязаны і ўзаемаабумоўлены і з'яўляюцца толькі рознымі бакамі антагенезу.

Пры звычайных для жыццядзейнасці арганізма ўмовах тэмпы росту і развіцця балансуюцца. Але калі ўмовы істотна адхіляюцца ад нармальных, гэты баланс парушаецца. Напрыклад, пры інтэнсіўным асвятленні, высокай тэмпературы і недастатковай вільготнасці развіццё апярэджвае рост. У такіх выпадках расліны, як правіла, бываюць невялікімі, але тым не менш даюць нашчадкаў. Пры недастатковым асвятленні, збыткоўнай вільготнасці або багатым азотным жыўленні, наадварот, паскараецца рост, а развіццё запавольваецца.

РОСТ РАСЛІН

Расліны ў адрозненне ад жывёлін растуць на працягу ўсяго жыцця; пры гэтым утвараюцца новыя тканкі і органы, якія закладваюцца ў эмбрыянальных зонах — мерыстэмах, дзе ўсе клеткі дзеляцца.

Пасля закладвання ў мерыстэмах рост органаў і тканак адбываецца дзякуючы падзелу і наступнаму расцягванню клетак. Форма і памеры органаў і раслін цалкам вызначаюцца колькасцю і лакалізацыяй клетак, што падзяліліся, інтэнсіўнасцю і арыентацыяй іх падзелу і росту.

Рост любога органа адбываецца ў тры фазы. Першая фаза характарызуецца безупынным падзелам клетак — *эмбрыянальная фаза.* Клеткі, што дзеляцца, можна назіраць, напрыклад, у конусе нарастання сцябла, у зоне роста кораня. Клеткі, якія ўтварыліся, адцясняюцца клеткамі, што толькі падзяліліся, і пераходзяць у другую фазу — *фазу расцягвання.* Пры гэтым адбываецца павелічэнне іх памераў. Пасля расцягвання клеткі пераходзяць у трэцюю фазу — *фазу дыферэнцыяцыі*, дзе адбываецца спецыялізацыя клетак (клеткі набываюць пэўную будову ў адпаведнасці з тымі функцыямі, якія яны будуць выконваць). У трэцяй фазе, такім чынам, узнікаюць клеткі розных тканак.

Характар росту асобных органаў і цалкам расліны своеасаблівы і залежыць ад віду расліны. Адрозніваюць некалькі тыпаў росту. Сцёблы і карані растуць верхавінкамі. Гэта апікальны рост. У некаторых раслін назіраецца інтэркалярны рост, калі сцябло расце дзякуючы дзейнасці інтэркалярных (уставачных) мерыстэм. Зона нарастання лісця часта знаходзіцца ў іх аснове і тады назіраецца базальны рост.

У розных раслін, а таксама асобных органаў максімальная хуткасць росту розная, мм/мін: большасць раслін — 0,0005; парастак гарбуза — 0,10; парастак бамбуку — 0,15; ліставая похва бамбуку — 1,1; тычынкавыя ніткі злакаў — 1,8; тычынкавая трубка бальзаміну — 2,2.

У працэсе жыццядзейнасці ў раслінным арганізме ўтвараюцца фізіялагічна актыўныя рэчывы (вітаміны, ферменты, гармоны), якія рэгулююць рост. Іх называюць *роставымі рэчывамі.* Вылучаюць пяць асноўных класаў роставых рэчываў: аўксіны, гіберэліны, цытакініны, абсцызавую кіслату і этылен.

Аўксіны (ад грэч. auxanō — павялічваю) адкрыты ў выніку вывучэння фотатрапізму (гл. ніжэй), якое было распачата яшчэ ў доследах Чарлза Дарвіна і яго сына Фрэнсіса. На калеоптылях аўса яны паказалі, што рост парасткаў у бок святла абумоўлены тым, што ад верхавіны сцябла перадаецца нейкі «ўплыў» на зону

росту, якая ляжыць ніжэй. У 1928 г. дацкі фізіёлаг Ф. В. Вент і расійскі вучоны М. Г. Халодны даказалі, что ў кропках росту раслін выпрацоўваецца рэчыва, якое аказвае ўплыў на рост калеоптыля ў накірунку да святла. Гэтае рэчыва было названа аўксінам. У 1934 г. яно ідэнтыфікавана як індалілвоцатная кіслата (ІВК). Хутка высветлілася, што ІВК шырока распаўсюджана ў раслін і што з ёю цесна звязана павелічэнне памераў клетак.

У хуткім часе былі вылучаны і іншыя рэчывы, падобныя да ІВК па структуры і актыўнасці; удалося атрымаць некалькі падобных злучэнняў хімічным шляхам. Такім чынам, узнік цэлы клас рэчываў, якія называюцца аўксінамі.

Аўксіны выяўлены не толькі ў вышэйшых раслін, але і ў грыбоў.

У 20-х гадах XX ст. група японскіх навукоўцаў, якія працавалі ў такійскім універсітэце, даследавала шырока распаўсюджанае ва ўсім свеце і вельмі шкоднае захворванне парасткаў рысу, што вызываў грыб Gibberella (зараз ён адносіцца да роду Fusarium). Заражаныя сеянцы выцягваліся ў даўжыню, страчвалі колер і ўрэшце рэшт гінулі або давалі вельмі нізкі ўраджай. У 1926 г. атрыманы экстракт грыба, які выклікаў усе гэтыя сімптомы ў раслін рысу. У 1935 г. атрымана ў выглядзе крышталёў першае актыўнае рэчыва, а крыху пазней — яшчэ два. Гэтыя рэчывы назвалі *гіберэлінамі* па назве грыба. У хуткім часе гіберэліны былі вылучаны і з шэрага вышэйшых раслін. У цяперашні час вядома каля 50 прыродных гіберэлінаў. Гэтыя рэчывы вызываюць падаўжэнне сцябла, прарастанне насення, пупышак, клубняў, цыбулін. Яны ўплываюць на рост толькі вышэйшых раслін.

Цытакініны адкрыты ў сувязі з удасканаленнем метадаў культуры клетак і тканак (метады атрымання цэлых раслін ад адной або некалькіх клетак). Рэчывы, што ўдзельнічаюць у рэгуляцыі падзелаў клетак пры аднаўленні з асобных тканак цэлых раслін, і былі названы цытакінінамі (ад цытакінез — падзел клеткі). Першы прыродны цытакінін, які быў хімічна ідэнтыфікаваны, вылучылі з маладога насення кукурузы (Zea mays) у 1963 г.; яго назвалі *зэатынам*.

Больш за ўсё цытакінінаў там, дзе адбываецца хуткі падзел клетак, асабліва ў няспелых пладах і насенні; тут паяўленне цытакінінаў звязана з развіццём зародка. У дарослых раслін цытакініны часта ўтвараюцца ў каранях і пераносяцца ад іх да парасткаў разам з вадой і мінеральнымі рэчывамі па ксілеме.

Выяўлена, што цытакініны стымулююць падзел клетак толькі ў прысутнасці аўксінаў. Яны вельмі шырока выкарыстоўваюцца ў

культуры клетак. Высветлена таксама, што цытакініны замаруджваюць старэнне лісця.

У раслінах выпрацоўваюцца рэчывы, якія не толькі стымулююць, але і падаўляюць рост. Такія рэчывы называюць *інгібітарамі*. Да натуральных інгібітараў адносяць *абсцызавую кіслату* і *этылен*. Інгібітары маюць вялікае значэнне для раслін у пэўныя моманты іх жыцця. У вялікай колькасці абсцызавая кіслата назапашваецца восенню ў клубнях, насенні, пупышках, каранях і затрымлівае іх рост у неспрыяльны перыяд года. Вясною інгібітар разбураецца і на расліну пачынаюць уздзейнічаць аўксіны. Абсцызавая кіслата ўплывае таксама на цвіценне раслін, завяданне, старэнне лісця, закрыванне вусцейкаў; высокія канцэнтрацыі абсцызавай кіслаты цалкам спыняюць рост раслін.

Этылен уплывае галоўным чынам на паспяванне пладоў і звязанае з ім паскарэнне працэсаў дыхання. У некаторых выпадках этылен уздзейнічае як інгібітар росту і садзейнічае ападзенню лісця і пладоў.

РУХ РАСЛІН

Амаль для ўсіх раслін характэрна тое, што яны няздольныя да лакамацыі (г. зн. да перамяшчэння ўсяго арганізма). У той жа час у раслін магчымы рухі асобных органаў. Большая частка гэтых рухаў з'яўляецца адказам на рознага роду раздражняльнікі (святло, тэмпературу, хімічныя рэчывы, механічнае ўздзеянне). Такім чынам, гэтыя рухі вызначаюцца тым, наколькі адчувальная канкрэтная расліна да знешніх стымулаў.

Рухі, якія выклікаюцца знешнімі ўздзеяннямі, можна падзяліць на тры катэгорыі: трапізмы, таксісы і настыі.

Трапізмы (ад грэч. tropos — накірунак) — накіраваныя ростаавыя рухі (выгіны) і арыентацыя органаў расліны пад уплывам раздражняльнікаў. Трапізмы могуць быць станоўчымі або адмоўнымі ў залежнасці ад таго, у які бок накіраваны рух у адказ — у напрамку да фактару, што стымулюе рост, або ад яго.

Розныя віды трапізмаў атрымалі сваю назву ад крыніц раздражнення.

Фотатрапізм — выгін расліны пад уплывам святла. Выгін адбываецца дзякуючы нераўнамернаму размеркаванню аўксіну ў сцябле. На ценявым баку аўксіну назапашваецца больш і рост клетак там больш інтэнсіўны. На асветленым баку аўксіну менш. Выгін адбываецца ў бок клетак, якія растуць больш марудна, да святла. Парасткі і калеоптылі валодаюць станоўчым фотатра-

пізмам, а некаторыя карані – адмоўным (напрыклад, прыдатковыя карані павойных раслін тыпу плюшчу).

Геатрапізм – выгін органа расліны пад уплывам сілы цяжару. Парасткі і калеоптылі праяўляюць адмоўны геатрапізм, а карані – станоўчы. Для карэнішчаў, атожылкаў, лісця двухдольных раслін характэрны *дыягеатрапізм* (рост пад вуглом у 90° да напрамку сілы цяжару, г. зн. гарызантальны рост), а бакавым караням і бакавым галінам сцябла – *плагіятрапізм* (рост пад пэўным вуглом да напрамку сілы цяжару, але не гарызантальны і не ў бок раздражняльніка або ад яго).

Хематрапізм – рух пэўных частак раслін пад уплывам хімічных рэчываў. Пылковыя трубкі праяўляюць станоўчы хематрапізм у адказ на рэчывы, што ўтвараюцца ў мікропіле семязачатка. Катыёны, якія ўтрымліваюцца ў глебе, у растворах глебавых солей вызываюць адмоўны геатрапізм, а аніёны – станоўчы, і на гэтай аснове адбываецца рост каранёў у бок больш угноеных участкаў глебы.

Калі роставыя выгіны адбываюцца пад уплывам вады або зніжэння вільготнасці паветра, назіраюцца *гідратрапізмы*. Станоўчыя гідратрапізмы характэрны для каранёў і пылковых трубак.

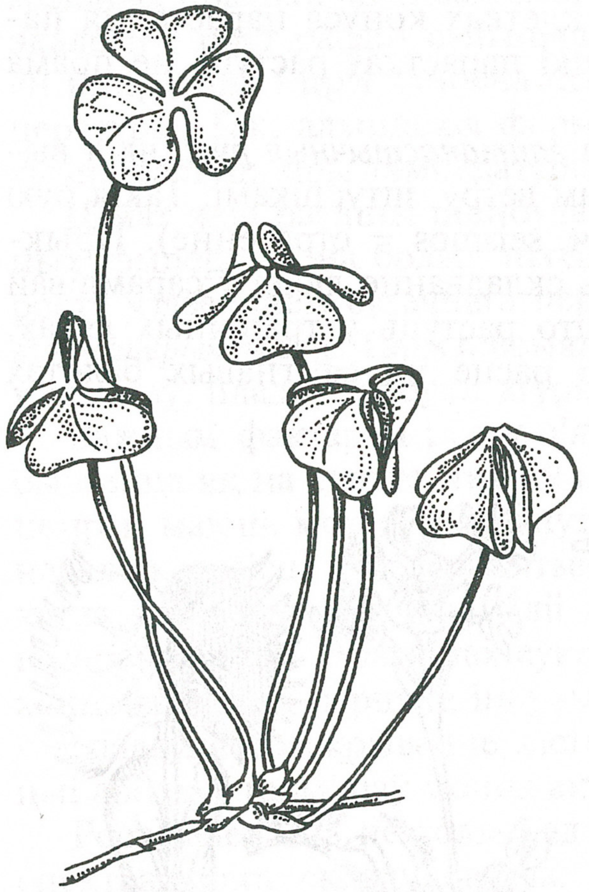
Накіраваныя адказныя рэакцыі, якія вызываюцца раздражненнем ад механічнага сутыкнення з некаторымі субстратамі, называюцца *тыгматрапізмамі* (ад грэч. thigma – дотык). Станоўчы тыгматрапізм характэрны для вусікаў лазячых раслін (напрыклад, гароху).

У раслін часам назіраюцца *тэрматрапізмы*, калі розніца ў тэмпературы паміж процілеглымі бакамі органа вядзе да яго выгіну. Напрыклад, калеоптылі аўса праяўляюць станоўчы тэрматрапізм.

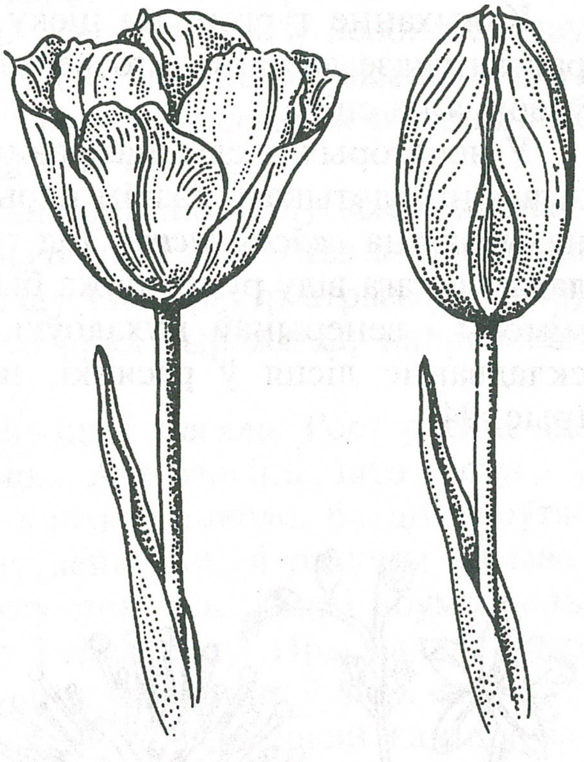
Таксісы (ад грэч. taxis – размяшчэнне) – гэта перамяшчэнне ўсёй клеткі (ці асобных яе арганоідаў) або ўсяго арганізма цалкам (г. зн. лакаматорныя рэакцыі), якое вызываецца і накіроўваецца пэўнымі знешнімі стымуламі. Падобна да трапізмаў, таксісы таксама могуць быць станоўчымі або адмоўнымі. Акрамя таго, іх можна класіфікаваць у адпаведнасці з прыродай раздражняльніка. Так, эўглена валодае станоўчым фотатаксісам (яна плыве да святла). Такі ж таксіс характэрны для хларапластаў клетак раслін. Станоўчы хематаксіс назіраецца ў сперматазоідаў імхоў і папарацей (сперматазоіды перамяшчаюцца ў бок рэчываў, што выдзяляюцца яйцаклеткай).

Настыі, як і трапізмы, уяўляюць сабой змены палажэння органаў раслін, якія вызываюцца знешнімі раздражняльнікамі. Але

ў адрозненне ад трапізмаў пры іх праяўленні няма ніякай залежнасці напрамку руху ад напрамку ўздзеяння раздражняльніка. Напрамак перамяшчэння вызначаецца структурай адпаведнага органа. Рух адбываецца ў выніку росту або змянення тургору клетак; пры гэтым нязначнае змяшчэнне асобных клетак звычайна вядзе да значнага руху органа дзякуючы спецыфічнаму палажэнню гэтых клетак.



Рыс. 92. Фотанастычныя рухі лісточкаў адкісліцы (пры зацямненні яны панікаюць, на святле падымаюцца)



Рыс. 93. Тэрманастычныя рухі адкрывання *(1)* і закрывання *(2)* лісточкаў калякветніка цюльпана

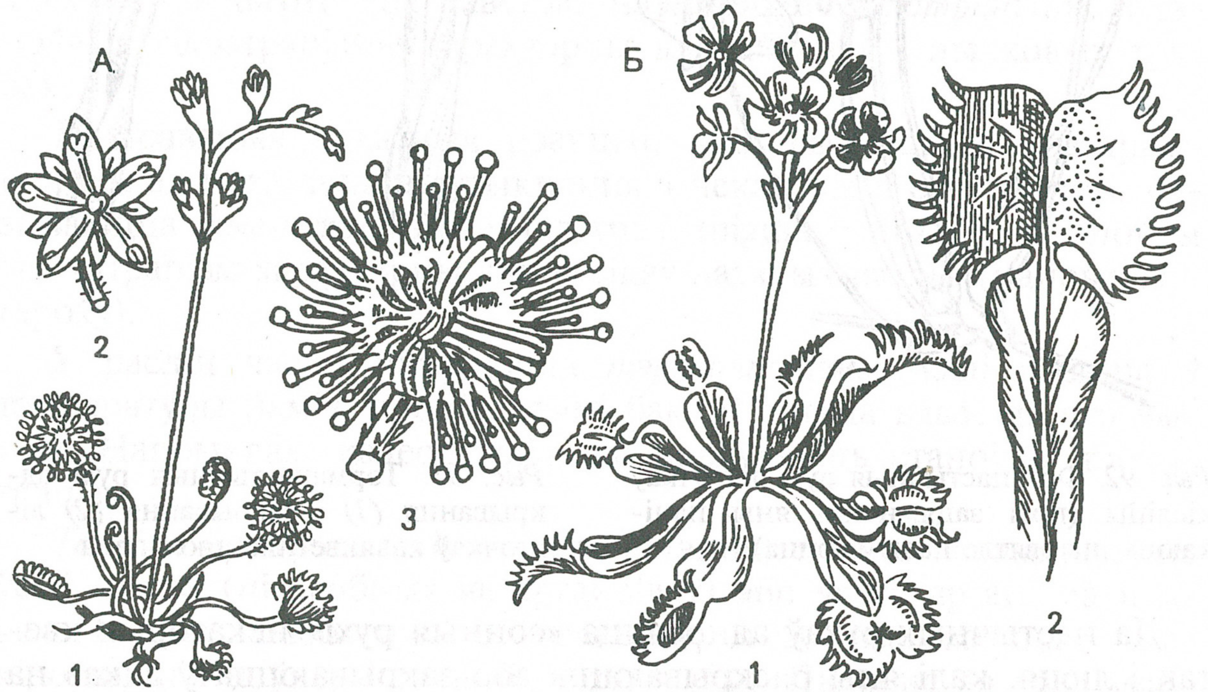
Да настычных рухаў адносяцца «сонныя рухі» некаторых кветак і лісця, калі яны раскрываюцца або закрываюцца ў адказ на змены ў асвятленні — *фотанастыі* або тэмпературы — *тэрманастыі* (рыс. 92, 93). Знешнія стымулы толькі запускаюць іх, а напрамак залежыць ад унутраных фактараў. Кветкі некаторых раслін (напрыклад, цюльпана, крокусу, падснежніка) закрываюцца ноччу таму, што іх пялёсткі знізу пры паніжэнні тэмпературы растуць хутчэй, а адкрываюцца ў выніку таго, што пры павышэнні тэмпературы пачынае хутчэй расці верхняя частка пялёсткаў. Тое ж назіраецца, калі раніцай кветкі цюльпана прыносяць у цёплы пакой або, наадварот, пераносяць з цёплага ў ха-

лоднае памяшканне. У шмат якіх раслін, асабліва ў струкавых (у такіх, як канюшына, мімоза), у лісці і лісточках ёсць асобыя структуры — ліставыя падушачкі.

Ліставая падушачка — гэта асобае ўздуцце ў аснове чаранка або лістка, у якім знаходзяцца буйныя парэнхімныя клеткі. Хуткае змяненне тургорнага ціску ў такіх клетках вядзе да таго, што ліставая падушачка пачынае працаваць як шарнір, з дапамогай якога і адбываецца рух.

Калыханне тургорнага ціску ў клетках конуса нарастання парастка вядзе да таго, што верхавінкі парасткаў растуць не прама ўверх, а па спіралі.

У некаторых раслін назіраюцца *гаптанастычныя рухі*, якія выклікаюцца дотыкам, рэзкім парывам ветру, штуршкамі. Такія рухі называюцца *сейсманастыі* (ад грэч. seismos — страсенне). Прыкладам гэтага віду рухаў можа быць складванне лісця ў сарамлівай мімозы і венерынай мухалоўкі, што растуць у трапічных лясах, складванне лісця ў расянкі, што расце на сфагнавых балотах (рыс. 94).



Рыс. 94. Гаптанастычныя рухі:
А — у расянкі: 1 — агульны выгляд; *2 —* клетка; *3 —* ліст са злоўленым насякомым; *Б — у венерынай мухалоўкі: 1 —* агульны выгляд; *2 —* ліст

Пры рэакцыі на раздражненне расліна затрачвае энергію. На бесперапынныя паўторныя раздражненні расліна перастае рэагаваць. Рэакцыя наступае толькі тады, калі адновіцца неабходная колькасць энергіі.

На рост раслін істотны ўплыў аказваюць знешнія фактары, перш за ўсё такія, як тэмпература, святло, кісларод, элементы жыўлення, вада.

Тэмпературны фактар вызначае інтэнсіўнасць росту раслін. У большасці раслін умеранай і цёплай зоны рост пачынаецца пры 5—15 °С. Найбольш актыўна ён ажыццяўляецца пры 25—35 °С, а пры 45—55 °С замаруджваецца. Пры тэмпературах ніжэй мінімальных і вышэй аптымальных (падрабязней гл. раздзел «Асновы экалогіі») рост раслін супыняецца. Разам з тым у асобных відаў ён назіраецца і пры адносна нізкай або, наадварот, высокай тэмпературы. Так, альпійскія формы і раннеквітнеючыя расліны актыўна растуць пры тэмпературы каля 0 °С.

Шмат якія расліны станоўча рэагуюць на змену высокіх дзённых тэмператур на больш нізкія начныя. Гэтая з'ява актывізацыі росту ўздзеяннем сутачнага перападу тэмператур атрымала назву *тэрмаперыядызму*. Тэрмаперыядызм ярка выражаны, напрыклад, у таматаў, пладоў гарбуза, агуркоў.

Важным фактарам росту з'яўляецца і *святло*. Рост раслін адбываецца як на святле, так і ў цемры. Але расліны, што растуць у цемры, маюць моцна выцягнутае крохкае сцябло, бледна-жоўтае невялічкае лісце і недаразвітыя вусцейкі. Такія расліны называюцца *этыляванымі*. Анамаліі росту пры этыляцыі абумоўлены назапашваннем у раслінах аўксіну і гіберэліну. Пры павялічаных канцэнтрацыях першага індуцыруецца ўтварэнне ў лісці этылену, які падаўляе раскрыванне лісточкаў, а пры высокай канцэнтрацыі абодвух гармонаў моцна актывізуецца рост клетак сцябла.

Рост залежыць не толькі ад інтэнсіўнасці асвятлення, але і ад спектральнага складу святла. Сінія, фіялетавыя і ультрафіялетавыя прамяні затрымліваюць рост (падаўляюць працэсы росту ў фазе расцягвання). Гэта абумоўліваецца, з аднаго боку, разбурэннем аўксіну на святле, а з другога — моцным павелічэннем канцэнтрацыі інгібітараў росту.

Чырвоныя прамяні падаўляюць працэсы фазы падзелу, але актывізуюць рэакцыі фазы расцягвання і тым самым паскараюць рост. Гэта тлумачыцца тым, што чырвоныя прамяні разбураюць аўксіны, але стымулююць утварэнне гіберэлінаў. Шмат чырвоных прамянёў у спектры электрычных лямпачак, а таксама ў сонечнага выпраменьвання, якое праходзіць праз шкло. Таму расліны, вырашчаныя ў аранжарэях і цяпліцах, пакрытых шклом, або пры электрычным асвятленні, звычайна моцна выцягнутыя. Каб гэтага пазбегнуць, расліны дадаткова асвятляюць сінім святлом або перыядычна адкрываюць рамы аранжарэі ці цяпліцы, каб уздзейнічаць на расліны сонечным цяплом.

Кісларод патрабуецца для нармальнага сінтэзу АТФ, неабходнай для такіх працэсаў, як падзел клетак і транспарт аўксінаў, што вызначаюць рост.

Для нармальнага росту раслін патрабуюцца асноўныя элементы мінеральнага жыўлення, у першую чаргу *азот*. Ён патрэбны раслінам для сінтэзу нуклеінавых кіслот, бялкоў і гармонаў. Вялікую ролю адыгрывае *калій*, паколькі ён уплывае на абвадненне цытаплазмы і садзейнічае расцягванню клетак. *Фосфар* патрабуецца для сінтэзу АТФ. Розныя мікраэлементы ўваходзяць у склад ферментаў, што кантралююць разнастайныя працэсы, звязаныя з ростам.

Вада таксама ўплывае на рост раслін. Без яе не адбываецца расцягвання клетак і зніжаецца інтэнсіўнасць працэсаў утварэння ўсіх рэчываў у клетках, у тым ліку АТФ і гармонаў.

Істотны ўплыў на рост аказваюць хімічныя газападобныя і вадкія рэчывы, што выдзяляюцца каранямі і лісцем іншых раслін, а таксама рэчывы, якія ўтвараюцца ў глебе пры гніенні раслінных рэштак і ў выніку дзейнасці глебавых мікраарганізмаў.

Рост раслін працякае нераўнамерна. Перыяды інтэнсіўнага росту змяняюцца перыядамі затухання. Гэта абумоўлена як асаблівасцямі саміх працэсаў росту, так і знешнімі фактарамі. У раслін найбольш распаўсюджаны так званыя цыркадныя рытмы з перыядам каля сутак. З такой перыядычнасцю змяняюцца, напрыклад, мітатычная актыўнасць у мерыстэмах (перыяд каля 20 гадзін) і хуткасць росту (перыяд каля 24 гадзін). Да падобных эндагенных рытмаў адносяцца таксама рытмы фотасінтэзу і дыхання, транспарту рэчываў, транспірацыі, адкрывання і закрывання кветак і г. д. Калясутачныя рытмы цесна звязаны з сутачнымі хістаннямі асвятлення, тэмпературы і іншых фактараў асяроддзя, прычым перыядычнасць фізіялагічных працэсаў, што склалася эвалюцыйна, захоўваецца і пры змяненні ўмоў асяроддзя, таму гэтыя рытмы называюцца *эндагеннымі*.

Акрамя сутачнай перыядычнасці, рост раслін падвяргаецца змяненням на працягу параўнальна доўгіх перыядаў, напрыклад сезоннай перыядычнасці. Такая перыядычнасць выражаецца ва ўтварэнні гадавых кольцаў у драўніне раслін умеранага пояса, у якіх рост ствалоў у таўшчыню дасягае максімума ў летні перыяд і спыняецца восенню.

Для росту раслін на любых этапах антагенезу характэрны перыяд спакою. Спакой існуе на этапе эмбрыянальнага развіцця раслін (спакой зіготы і насення) і на стадыі парасткаў, якія знаходзяцца на розных фазах вегетатыўнага развіцця. Спакой на-

сення вызываецца пэўнымі ўласцівасцямі зародка ці тканак, што яго абкружаюць (фізіялагічны спакой), або фактарамі знешняга асяроддзя (вымушаны спакой), якія перашкаджаюць прарастанню. Спакой пупышак і парасткаў вызначаецца галоўным чынам кліматычнымі ўмовамі і з'яўляецца, як і спакой насення, прыстасаваннем да перанясення неспрыяльных умоў.

ІНДЫВІДУАЛЬНАЕ РАЗВІЦЦЁ РАСЛІН

Адначасова з ростам раслін адбываецца іх развіццё. Развіццё раслін, як ужо адзначалася, ажыццяўляецца па адпаведнай генетычнай праграме, рэалізацыя якой здзяйсняецца пад уплывам знешніх фактараў.

У працэсе развіцця расліны праходзяць шэраг этапаў: 1) эмбрыянальны; 2) ювенільны (перыяд маладой расліны); 3) рэпрадуктыўны (перыяд дарослай расліны, або спеласці); 4) сінільны (перыяд старасці).

Эмбрыянальны перыяд насенных раслін ахоплівае развіццё зародка ад зіготы да паспявання насення ўключна.

Ювенільны этап у насенных раслін пачынаецца з прарастання насення або органаў вегетатыўнага размнажэння (напрыклад, клубняў) і завяршаецца момантам, калі расліна набывае здольнасць да ўтварэння рэпрадуктыўных органаў. У гэты перыяд адбываюцца залажэнне, рост і развіццё вегетатыўных органаў і, такім чынам, хутка назапашваецца вегетатыўная маса.

Прарастанне насення ў сваю чаргу дзеліцца на фазы набухання, праклёўвання, гетэратрофнага жыўлення парастка (за кошт рэчываў, назапашаных у насенні), пераход да міксатрофнага (змешанага), а потым і аўтатрофнага тыпу жыўлення.

Этап спеласці працягваецца ад пачатку залажэння рэпрадуктыўных органаў да фарміравання бутонаў і кветак і ўзнікнення новых зародкаў. У гэты час расліна найбольш жыццяздольная, яна сфарміравала вегетатыўную масу, дастатковую для забеспячэння росту і развіцця кветак, насення і пладоў.

У раслін такія з'явы, як цвіценне, утварэнне пладоў і насення, цесна звязаныя з суадносінамі даўжыні дня і ночы. Па патрабаванні да працягласці фотаперыяду расліны дзеляцца на кароткадзённыя (расліны паўднёвых шырот), доўгадзённыя (расліны паўночных і сярэдніх шырот) і нейтральныя, касмапалітычныя віды, якія нармальна развіваюцца як пры доўгім, так і пры кароткім дні.

Некаторыя расліны, асабліва двухгадовыя і многагадовыя, зацвітаюць толькі пасля ўздзеяння на іх нізкіх дадатных тэмпера-

тур. Гэтая з'ява атрымала назву *яравізацыі*. У такім выпадку тэмпературны фактар, што ўздзейнічае на расліны, успрымаецца конусам нарастання дарослага сцябла або зародкам насення. Даволі часта яравізацыя з'яўляецца неабходнай для прарастання (як для блёкату) або паскарае пераход да цвіцення (як, напрыклад, у азімых злакаў). Неабходная працягласць уздзеяння нізкіх тэмператур знаходзіцца ў межах ад чатырох дзён да трох месяцаў, пры гэтым звычайна найбольш эфектыўныя тэмпературы каля 4 °С.

Фотаперыядызм і яравізацыя спрыяюць сінхранізацыі рэпрадуктыўных паводзін раслін у адпаведнасці са зменамі ў навакольным асяроддзі, у выніку чаго забяспечваецца палавое размнажэнне ў самую спрыяльную пару года. Акрамя таго, фотаперыядызм і яравізацыя дапамагаюць адначасоваму зацвітанню раслін дадзенага віду і такім чынам садзейнічаюць перакрыжаванаму апыленню, што вядзе да генетычнай разнастайнасці і экалагічнай пластычнасці нашчадкаў.

Этап старасці і адмірання ўключае перыяд ад поўнага спынення плоданашэння да натуральнай смерці арганізма. Гэты перыяд суправаджваецца прагрэсіўным паслабленнем усіх жыццёвых функцый.

Для раслін характэрны розныя тыпы старэння. Так, аднагадовыя расліны адміраюць цалкам; у многагадовых траў кожны год цалкам адмірае надземная частка, а каранёвая сістэма і іншыя падземныя органы застаюцца жыццяздольнымі. У шмат якіх раслін у працэсе росту і развіцця старэе і адмірае ніжняе лісце, якое ўтварылася раней. У лістападных дрэў восенню адначасова старэе і ападае ўсё лісце. Такім чынам, старэнне і смерць з'яўляюцца фазамі, якія завяршаюць антагенез любой мнагаклетачнай расліны, але тэрмін «старэнне» можна прымяняць не толькі да ўсёй расліны цалкам, але і да асобных яе органаў — лісця, пладоў, частак кветак і інш.

Старэнне мае вялікае біялагічнае значэнне. Яно з'яўляецца адным са спосабаў адаптацыі раслін да неспрыяльных умоў навакольнага асяроддзя. Акрамя таго, старэнне, па ўсёй верагоднасці, садзейнічае больш хуткай эвалюцыі, таму што паскарае змену пакаленняў.

Пераход ад аднаго этапу развіцця да другога суправаджаецца фізіялагічнымі і біяхімічнымі зменамі ў раслінным арганізме. Толькі пасля таго як гэтыя змены завяршаюцца, у расліны развіваецца новы орган. Працэс утварэння органаў называецца *арганагенезам*. Такім чынам, працэс індывідуальнага развіцця магчыма вызначыць як сукупнасць фізіялагічных, біяхімічных і марфалагічных пераўтварэнняў, што адбываюцца ў раслінным арганізме на працягу яго жыцця.

Індывідуальнае развіццё раслін (жыццёвы цыкл) у кожнага віду мае розную працягласць і вар'іруе ў даволі шырокіх межах: секвойя — 5000 гадоў; дуб — 1500; елка — 1200; ліпа — 1000; хвоя — 500; каласоўнік безасцюковы — 10—30; канюшына — 2—5; капуста і іншыя двухгадовікі — 2 гады; летнікі — 1 год; эфемеры — 2—4 тыдні.

Па працягласці жыццёвага цыкла ўсе вышэйшыя расліны можна падзяліць на адна-, двух- і многагадовыя.

Аднагадовыя расліны ў сваю чаргу падзяляюцца на: 1) эфемеры (ад грэч. ephēmeros — аднадзённы, недаўгавечны) — расліны, увесь антагенез якіх ажыццяўляецца за некалькі тыдняў. Часцей за ўсё яны засяляюць засушлівыя раёны, для росту і развіцця выкарыстоўваюць зімовыя і ранневясеннія ападкі (вяснянка вясенняя, мышахвоснік маленькі, незабудка драбнакветкавая, свінакроп вясенні, ясколка пяцітычынкавая); 2) аднагадовыя яравыя расліны, вегетацыйны перыяд якіх пачынаецца вясной або летам і завяршаецца тым жа летам або восенню (аўсюк, братаўка, гарох, грэчка, лён, проса, сырадэля, фасоля, ячмень і інш.); 3) аднагадовыя азімыя формы, працягласць жыцця якіх не перавышае аднаго года, але вегетацыя іх пачынаецца восенню і завяршаецца пладанашэннем летам або восенню наступнага года (васілёк, віка, стрэлкі, жыта, пшаніца, рапс і інш.).

Да *двухгадовых* адносяцца віды раслін, у якіх на першым годзе жыцця звычайна ўтвараюцца вегетатыўныя органы, а на другім — адбываецца цвіценне і пладанашэнне, пасля чаго расліны цалкам адміраюць (баркун, блёкат, наперстаўка, буракі, морква, капуста агародная, рэпа і інш.).

Многагадовыя расліны пачынаюць пладаносіць на трэці-пяты год жыцця (многагадовыя травы, кусты, кусточкі, дрэвы).

Калі расліны цвітуць і пладаносяць адзін раз за ўсё жыццё, іх называюць *монакарпікамі*. Да гэтай групоўкі адносяцца аднагадовыя расліны (драсён птушыны, лябеднік, стрэлкі, авёс, жыта, лён, пшаніца і інш.), двухгадовыя (макрыца, наперстаўка і інш.) і некаторыя многагадовыя (агава, бамбук, ферула, некаторыя віды пальмаў і інш.). Большасць раслін з'яўляецца *полікарпікамі*, якія цвітуць і пладаносяць шмат разоў за жыццё (дрэвы, кустоўе, кусточкі, многагадовыя травы).

ФЕНАЛАГІЧНЫЯ НАЗІРАННІ

Адным з асноўных метадаў назапашвання інфармацыі аб сезонным жыцці арганізмаў з'яўляюцца феналагічныя назіранні (ад грэч. phainomena — з'ява). Гэта візуальная рэгістрацыя тэрмінаў

наступлення асобных этапаў росту і развіцця арганізмаў або масавых з'яў у іх жыцці. Навука, што займаецца вывучэннем сезоннага развіцця прыроды, якое абумоўлена зменай пораў года і змяненнем стану надвор'я, называецца *феналогіяй.* Заснавальнікам феналогіі лічыцца французскі натураліст Р. Рэамюр, які ў 1735 г. выявіў залежнасць сезоннага развіцця раслін ад розных мэтэаралагічных фактараў.

Назіранні за сезоннымі з'явамі ў прыродзе праводзіліся з глыбокай старажытнасці. Як навука феналогія зарадзілася толькі ў XVIII ст. У 1748 г. К. Ліней прапанаваў стварыць сетку назіральных феналагічных пунктаў. Тэрмін «феналогія» прапанаваў бельгійскі батанік Ш. Маран (1853).

Да сярэдзіны XIX ст. феналагічныя назіранні праводзіліся ва ўсіх буйных краінах Заходняй Еўропы і ў Расіі. Вялікі ўклад у развіццё феналогіі ўнеслі рускія вучоныя А. І. Ваейкаў, Дз. Н. Кайгародаў і іншыя. На Беларусі сістэматычныя феналагічныя назіранні вядуцца з канца XIX ст. Вядомы вынікі феналагічных назіранняў на тэрыторыі Быхаўскага (1895–1927) і Лепельскага (1892–1924) раёнаў. Феналагічныя даследаванні на Беларусі праводзілі С. П. Мельнік, І. Д. Юркевіч, А. Х. Шкляр.

Фенолагі ажыццяўляюць назіранні за развіццём асобных органаў або за цыклам развіцця ўсёй расліны пэўнага віду ці за сезоннымі зменамі мноства раслін, тэрмінам наступлення змен у сувязі з іншымі з'явамі прыроды. У апошнім выпадку складваецца цэласнае ўражанне аб сезоннай дынаміцы ў прыродзе, больш ясна асэнсоўваецца ступень узаемасувязі ўсіх сезонных з'яў. Назіраюць за развіццём і ростам раслін з дапамогай так званых *феналагічных фаз,* кожная з якіх характарызуецца ўзнікненнем новых органаў і шэрагам знешніх марфалагічных адзнак. Акрамя візуальных назіранняў на спецыяльна вылучаных участках (тыповых для мясцовых умоў участках у лесе, на лузе, у парку, садзе, полі і інш.), можа прымяняцца *метад фенаметрыі* – вымярэнне росту раслін у розныя фазы развіцця.

У *дрэў і кустоў* назіранні вядуць за наступнымі асноўнымі феналагічнымі фазамі: набраканнем пупышак, іх распусканнем, пачаткам разгортвання лісця, паяўленнем бутонаў і суквеццяў, пачаткам цвіцення, за цвіценнем, пачаткам і канцом адцвітання, пачаткам паспявання пладоў і насення, іх масавым паспяваннем, другасным цвіценнем (летам або восенню) нармальных раслін сярэдняга ўзросту, пачаткам і канцом уборкі ўраджаю ў пладовых дрэў, пачаткам змены афарбоўкі лісця і поўнай зменай яе, пачаткам, разгарам і канцом лістападу. У клёна і бярозы дадаткова адзначаюць пачатак руху соку.

У *травяністых раслін* на працягу сезона вегетацыі адзначаюць пачатак вегетацыі, зацвітанне, масавае цвіценне, канец цвіцення, пачатак рассейвання насення, спыненне вегетацыі.

У *аднагадовых культурных раслін,* такіх як сланечнік, грэчка, каноплі і іншых, адзначаюцца наступныя фазы: прарастанне насення, з'яўленне ўсходаў і першай пары сапраўдных лістоў, галінаванне сцябла, утварэнне суквеццяў, цвіценне, утварэнне насення (зялёная спеласць насення), выспяванне насення (поўная спеласць).

Для *збожжавых злакаў* (пшаніцы, аўса, жыта, ячменю) прыняты наступныя феналагічныя фазы: прарастанне насення, паяўленне ўсходаў і трэцяга ліста, кушчэнне (галінаванне) сцябла, выхад у трубку (пачатак росту сцябла галоўнага парастка), каласаванне (выкідванне суквеццяў), цвіценне, малочная і васковая спеласць, поўная спеласць.

У соі, кармавых бабоў, вікі, гароху, фасолі і лубіну з пачатку фарміравання пладоў адзначаюцца фазы зялёных, шызых і бурых бабоў, у таматаў – асобныя фазы выспявання пладоў: зялёныя плады, бланжавая спеласць, поўная спеласць, пераспелыя плады.

Пры назіранні за *караняплодамі* (цукровыя і кармавыя буракі, бручка, морква і інш.) адзначаюць фазы ўсходаў, паяўлення першай пары сапраўдных лістоў, пачатак патаўшчэння падсемядольнага калена, завяданне вонкавага лісця.

Такім чынам, феналагічныя фазы характарызуюць, з аднаго боку, змены марфалагічных адзнак раслін, звязаных са з'яўленнем у працэсе антагенезу новых органаў, а з другога – яны часта звязаны з дэталёвай характарыстыкай гаспадарча важных прыкмет культурных раслін.

Феналагічныя назіранні, такім чынам, дазваляюць устанавіць працягласць перыяду вегетацыі раслін і асобных фаз іх развіцця, вывучыць патрабаванні раслін да клімату і надвор'я на асобных этапах жыцця, скласці прагнозы сельскагаспадарчых і лесагаспадарчых работ на кожны год.

Адначасова з феналагічнымі назіраннямі ў жывой прыродзе адзначаюцца *гідраметэаралагічныя паказчыкі:* пачатак веснавога раставання снежнага покрыва, з'яўленне першых праталін на роўным месцы, раставанне паловы плошчы снежнага покрыва, спыненне саннага шляху, ускрыццё рэк і іншых вадаёмаў, пачатак і канец крыгаходу, дата найвышэйшага пад'ёму вады ў рацэ, выпадзенне апошняга снегу, першы веснавы дождж, першая веснавая навальніца, апошні замаразак у паветры, на глебе і г. д.

Вынікі назіранняў звычайна прадстаўляюць у выглядзе карт, графікаў, табліц, якія лёгка чытаюцца.

Вынікі феналагічных назіранняў у жывой і нежывой прыродзе звычайна размяшчаюць у каляндарным парадку і, такім чынам, складаюць каляндары прыроды. У межах адной прыроднай зоны кожны этап гадавога цыкла характарызуецца пэўным, толькі яму ўласцівым наборам сезонных з'яў. Асабліва наглядна праяўляюцца сезонныя змены ў раслінным свеце, таму сярод раслін вылучаюць шэраг невялікіх груповак, якія служаць індыкатарамі кожнага сезона. Тэрміны наступлення пэўных фенафаз у раслін у натуральных умовах пражывання могуць служыць індыкатарамі наступлення фенафаз у культурных раслін. Таму фітаіндыкатары дапамагаюць прагназіраваць тэрміны правядзення сезонных работ (тэрміны пасеву насення, падкормкі раслін, барацьбы са шкоднікамі і хваробамі раслін, уборкі, касьбы і г. д.), пры выбары лепшых тэрмінаў лесанарыхтовак, лесакультурных работ, збору ягад, грыбоў, лекавых раслін, паляўнічага промыслу, у ахове здароўя, пры правядзенні мерапрыемстваў па ахове прыроды і інш.

Заўважана, напрыклад, што для ўмоў Беларусі найлепшым тэрмінам сяўбы аўса з'яўляецца час цвіцення дзьмухаўца; зацвітанне бэзу і жоўтай акацыі адпавядае лепшаму тэрміну пасадкі агуркоў; цвіценне асіны – сяўбе ранняй морквы, буракоў, рэпы; пачатак цвіцення бярозы павіслай – пасадцы бульбы; заканчэнне цвіцення чаромхі – высадцы цеплалюбівых культур.

У розныя гады тэрміны наступлення той ці іншай з'явы ў раслін неаднолькавыя. У выніку многагадовых назіранняў устаноўлены сярэднія тэрміны кожнай з'явы. Супастаўленне сярэдніх тэрмінаў з адпаведнымі для кожнага асобнага года дае ўяўленне аб асаблівасцях ходу сезонных з'яў у дадзеным годзе.

Назіранні за з'явамі ў прыродзе выкарыстоўваюць у розных галінах народнай гаспадаркі – сельскагаспадарчай вытворчасці, лесаводстве, паляўнічай гаспадарцы, ахове прыроды і інш.

АСНОВЫ ЭКАЛОГІІ

Усе жывыя арганізмы, якія насяляюць нашу планету, існуюць не самі па сабе. Яны залежаць ад навакольнага асяроддзя і адчуваюць на сабе яго ўздзеянне. Гэты дакладна ўзгоднены комплекс мноства фактараў навакольнага асяроддзя і прыстасаванне да іх жывых істот абумоўлівае магчымасць існавання разнастайных формаў арганізмаў і самых розных спосабаў іх жыцця.

Заканамернасці існавання жывых арганізмаў у прыродзе, іх узаемасувязі паміж сабой і з навакольным асяроддзем, арганізацыю і функцыянаванне папуляцый, біяцэнозаў, біягеацэнозаў і біясферы ў цэлым, прычыны ўстойлівасці жывых сістэм у неаднолькавых умовах асяроддзя вывучае экалогія.

УЗАЕМАСУВЯЗЬ ЖЫВЫХ АРГАНІЗМАЎ З НАВАКОЛЬНЫМ АСЯРОДДЗЕМ. ЭКАЛАГІЧНЫЯ ФАКТАРЫ

Усё, што абкружае жывы арганізм, што абумоўлівае яго існаванне і забяспечвае ўсім неабходным для жыцця, уяўляе асяроддзе яго пражывання. На арганізмы пастаянна ўплывае навакольнае асяроддзе, яны па-рознаму прыстасоўваюцца да яго і ў той жа час самі актыўна ўздзейнічаюць на яго.

Такім чынам, *асяроддзе пражывання* — гэта тая частка прыроды, якая абкружае жывы арганізм і прама ці ўскосна ўплывае на яго стан, развіццё, рост, выжывальнасць, размнажэнне і г. д.

Са змяненнем навакольнага асяроддзя мяняюцца і жывыя істоты, пры гэтым адбываюцца пастаяннае прыстасаванне іх да змен асяроддзя і рэгуляцыя жыццядзейнасці ў адпаведнасці з гэтымі зменамі.

Узаемасувязь арганізмаў паміж сабой і з навакольным асяроддзем вывучае *экалогія.* Тэрмін «экалог1я» ўпершыню скарыстаў нямецкі біёлаг Э. Гекель у 1866 г.; ён утвораны двума грэчаскімі словамі: oikos, што азначае дом або жыллё, і logos – навука. Такім чынам, «экалогія» літаральна азначае «навука аб месцы пражывання», або «навука аб зямной гаспадарцы».

Гістарычна ўсе прыстасаванні жывых арганізмаў да ўмоў іх існавання выцякаюць з асноўных уласцівасцей усяго жывога – зменлівасці, пластычнасці арганізмаў і іх спадчыннасці. Сярод існуючых формаў арганізмаў пастаянна з'яўляюцца новыя, з якіх у працэсе бесперапыннага дзеяння натуральнага адбору выжываюць і замацоўваюцца тыя, якія аказаліся больш жыццяздольнымі ў адпаведных умовах існавання. Гэтыя новыя формы характарызуюцца шэрагам змененых уласцівасцей у сваёй структуры і функцыянальнай арганізацыі. Прыстасаванні арганізмаў да асяроддзя з дапамогай унутранай перабудовы называюцца *адаптацыямі.*

Асяроддзе кожнага арганізма складаецца з мноства элементаў неарганічнай і арганічнай прыроды і элементаў, якія прыўносяць чалавек і яго гаспадарчая дзейнасць.

Асобныя элементы асяроддзя або яго ўласцівасці, што ўздзейнічаюць на арганізм у працэсе антагенезу, называюцца *фактарамі асяроддзя* або *экалагічнымі фактарамі.*

Комплекс экалагічных фактараў, без якіх арганізм існаваць не можа, уяўляе сабой умовы існавання дадзенага арганізма. Іншыя экалагічныя фактары могуць не з'яўляцца ўмовамі існавання, хоць і аказваюць істотны ўплыў на арганізм, напрыклад вецер, пыл, атмасферны ціск, электрычнасць і інш.

Экалагічныя фактары вельмі разнастайныя; у самым агульным выглядзе іх можна падзяліць на дзве асноўныя групы: абіятычныя (нежывой прыроды) і біятычныя (жывой прыроды). Да *абіятычных фактараў* адносяцца ў першую чаргу *кліматычныя фактары,* якія аказваюць уплыў на ўсе арганізмы. Гэта колькасць святла, якое падае на зямлю, і фотаперыядычнасць, г. зн. суадносіны дня і ночы; тэмпература паветра і глебы, вільготнасць паветра і колькасць ападкаў, ветравы рэжым, паветраны ціск, газавы склад атмасферы, і ў першую чаргу ўтрыманне CO_2, і інш.

Другую групу абіятычных фактараў для наземных арганізмаў складаюць *эдафічныя фактары,* г. зн. глебавыя (хімічныя, фізічныя і механічныя асаблівасці глебы).

Трэцяя група фактараў – *гідралагічныя*, якія вызначаюць існаванне водных арганізмаў, змяненні празрыстасці і асвятлення ў залежнасці ад глыбіні і мутнасці воднай тоўшчы, змяненні ціску з глыбінёй і г. д.

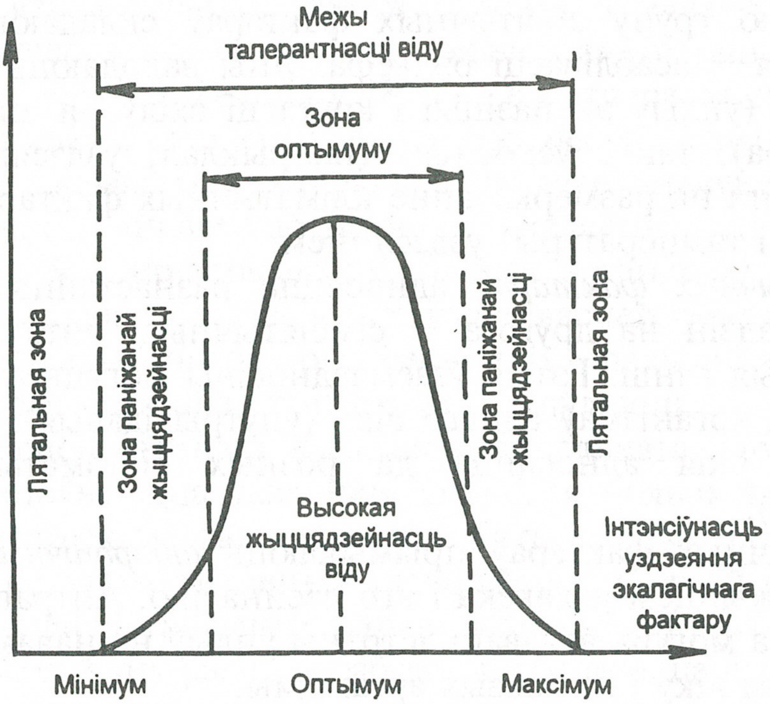
Чацвёртую групу абіятычных фактараў складаюць фактары *араграфічныя* – асаблівасці рэльефа. Яны валодаюць як прамым (мясцовым) (уплыў экспазіцыі і крутасці схілу, вышыня над узроўнем мора), так і ўскосным (напрыклад, уздзеянне таго ці іншага хрыбта на размеркаванне кліматычных фактараў, перш за ўсё вільгаці і тэмпературы) уздзеяннем.

Да *біятычных фактараў* адносяцца разнастайныя ўздзеянні арганізмаў адзін на другога – сімбіятычныя, антаганістычныя, канкурэнтныя і інш. Гэтыя ўзаемаадносіны могуць ажыццяўляцца як сярод арганізмаў аднаго віду (унутрывідавыя), так і сярод арганізмаў, якія адносяцца да розных сістэматычных груп (міжвідавыя).

Да біятычных фактараў прымыкаюць *антрапічныя фактары,* звязаныя з жыццём чалавека і яго дзейнасцю. Антрапічныя фактары таксама могуць аказваць істотны ўплыў на навакольнае асяроддзе, у тым ліку і на жывыя арганізмы.

Кожны фактар валодае пэўнай амплітудай значэнняў. Гэта характэрна і для тэмпературы, і для вільгаці, і для іншых фактараў. Для розных арганізмаў набор значэнняў фактараў, пры якіх арганізм можа існаваць, неаднолькавы. Найменшае значэнне фактару, пры якім можа існаваць той ці іншы арганізм, называецца яго *мінімумам,* найбольшае – *максімумам.* Жыццё любога арганізма праходзіць паміж мінімальнымі і максімальнымі значэннямі дадзенага фактару. Найбольш спрыяльнае для жыцця арганізма значэнне фактару з'яўляецца яго *оптымумам,* або *аптымальным значэннем.* Як правіла, на шкале значэнняў фактару оптымум бывае некалькі ссунутым у бок максімуму. Тыя значэнні фактару, пры якіх арганізм існуе, але ў пэўнай меры прыгнечаны, называюцца *песімальнымі (песімумам).* Такім чынам, песімум ляжыць паміж оптымумам і мінімумам, паміж оптымумам і максімумам (рыс. 95). Да некаторых фактараў паняцце оптымуму не прымяняюць. Так, усе значэнні іанізуючай радыяцыі шкодныя для арганізма.

Да гэтага неабходна дадаць, што выкананне арганізмам адных функцый патрабуе аднаго оптымуму значэнняў дадзенага фактару, другіх – другога, тое ж самае датычыць значэнняў мінімуму і максімуму. Так, хуткасць фотасінтэзу і дыхання раслін пры змяненні тэмпературы неаднолькавая. Для фотасінтэзу аптымальнымі з'яўляюцца тэмпературы ў межах 20–25 °С. У большасці раслін, за выключэннем гарачавынослівых, з далейшым ростам тэмпературы энергія фотасінтэзу падае. У той жа час інтэнсіўнасць дыхання ўзрастае (да тэмпературы ў 45 °С, рыс. 96).



Рыс. 95. Заканамернасці ўздзеяння экалагічных фактараў на арганізмы

Арганізмы, здольныя існаваць пры шырокай амплітудзе фактараў, называюцца *эўрыбіёнтамі* (ад грэч. eurys — шырокі), а арганізмы, для якіх існаванне магчыма толькі пры вузкай амплітудзе фактараў, называюцца *стэнабіёнтамі* (ад грэч. stenos — вузкі). Зразумела, што эўрыбіёнты пры іншых роўных умовах існавання могуць займаць больш шырокія вобласці, чым стэнабіёнты. Такі падзел арганізмаў магчымы ў адносінах для любога фактару: выдзяляюць арганізмы эўры- і стэнатэрмныя (у адносінах да тэмпературы асяроддзя), эўры- і стэнагіграбіёнтныя (у адносінах да ўмоў увільгатнення), эўры- і стэнагалінныя (у адносінах да салёнасці асяроддзя) і г. д.

Рыс. 96. Суадносіны паміж фотасінтэзам і дыханнем у залежнасці ад тэмпературы

Такім чынам, розныя арганізмы могуць мець шырокую і вузкую экалагічную амплітуду ў адносінах да ўсіх або да аднаго з фактараў.

У аднаго і таго ж віду патрабаванні да экалагічных фактараў могуць змяняцца пры пераходзе ад адной стадыі развіцця да другой. Часта маладыя асобіны аказваюцца больш адчувальнымі да экалагічных фактараў, чым дарослыя.

Нямецкі аграхімік Ю. Лібіх (1840) сфармуляваў *правіла мінімуму,* якое часта называюць законам. Згодна з гэтым законам, існаванне арганізма вызначаецца тым фактарам, што знаходзіцца ў мінімуме. Закон быў сфармуляваны ў дачыненні да кампанентаў мінеральнага жыўлення. У далейшым аказалася, што гэтае правіла мае больш шырокае значэнне. Ф. Блэкман (1905) абагульніў дадзены закон для сукупнасці ўсіх экалагічных фактараў і назваў яго *«законам лімітаваных фактараў»*. Пазней В. Шэлфард (1913) паказаў, што жыццядзейнасць арганізма ў рознай ступені можа лімітавацца не толькі мінімумам фактараў, але і лішкам некаторых з іх — *закон талерантнасці* (ад лац. tolerantia — цярпімасць).

Экалагічныя фактары ўздзейнічаюць на жывыя арганізмы не ізалявана адзін ад другога, а сумесна, комплексна і таму могуць у той ці іншай ступені (часткова) замяшчаць адзін аднаго. Напрыклад, паляпшэнне азотнага жыўлення раслін павялічвае іх талерантнасць да вільгаці, але ў пэўных межах. Ці другі прыклад. Расліны, якія не могуць пражываць пад полагам лесу ва ўмеранай зоне з-за недахопу святла, у трапічным лесе, пры больш высокіх тэмпературах, пераносяць значна большы недахоп асвятлення. У першым выпадку вялікая колькасць азоту «замясціла» паніжэнне вільгаці, у другім — высокія тэмпературы «замясцілі» недахоп святла.

Як ужо адзначалася, усе экалагічныя фактары ўплываюць на жывыя істоты комплексна. Таму складана і часцей за ўсё цяжка вырашаць, які фактар у кожным выпадку з'яўляецца рашаючым. У той жа час магчыма, хоць і з некаторай доляй умоўнасці, вылучыць уплыў асобных фактараў на аблічча і будову раслін.

Цяжка вызначыць, якія з экалагічных фактараў больш важныя для жыцця раслін. Але асабліва рэзкія адхіленні ў знешняй і ўнутранай будове вызываюць умовы асвятлення і ўвільгатнення. Святло і звязаная з ім тэмпература, а таксама вада і паветра аказваюць першародны ўплыў на расліны.

Святло. Як вядома, усё жывое на Зямлі абавязана сваім існаваннем святлу. Пад уплывам святла расліны ажыццяўляюць фотасінтэз, у выніку якога сонечная энергія акумулюецца ў выглядзе энергіі хімічных сувязяў арганічных рэчываў. Пры іх разбурэнні (ператраўленні) гэтая энергія потым вызваляецца і забяспечвае кругаварот рэчываў у прыродзе і падтрымлівае жыццё на Зямлі.

Сонечнае святло ўяўляе сабой бесперапынную плынь прамянёў рознага колеру.

Прамень – гэта накіраваны рух светлавой хвалі. Хваля любой прыроды характарызуецца адлегласцю паміж суседнімі грабянямі (або ўпадзінамі). Гэтую адлегласць называюць даўжынёй хвалі; у светлавых прамянёў рознага колеру даўжыня хвалі розная: чырвоныя прамяні маюць даўжыню прыкладна 0,65 мкм, а фіялетавыя – прыкладна 0,44 мкм.

Сонечнае святло ўплывае на многія працэсы і функцыі расліннага арганізма – фотасінтэз, транспірацыю, мінеральнае жыўленне, а таксама на рост, развіццё, цвіценне, утварэнне пладоў. Святло часам аказвае ўздзеянне і на прарастанне насення (аксамітнік, падалешнік, светнік, суніцы, цімафееўка і інш.).

Вядома, што расліны, якія растуць на святле, адрозніваюцца абліччам ад тых, што растуць у цяні. На рост і развіццё раслін уплываюць інтэнсіўнасць святла і яго якасны склад. Акрамя бачнага сонечнага святла, адрозніваюць нябачныя доўгахвалевыя (інфрачырвоныя) і кароткахвалевыя (ультрафіялетавыя) прамяні. Так, прысадзістасць раслін, што развіваюцца ва ўмовах дастатковага асвятлення, з'яўляецца вынікам уздзеяння кароткахвалевых прамянёў; расліны, якія адчуваюць недахоп асвятлення, пазбаўлены ўплыву кароткахвалевых прамянёў, адрозніваюцца выцягнутасцю парасткаў, падаўжэннем міжвузелляў, памяншэннем памераў лісця і іх выцягнутасцю.

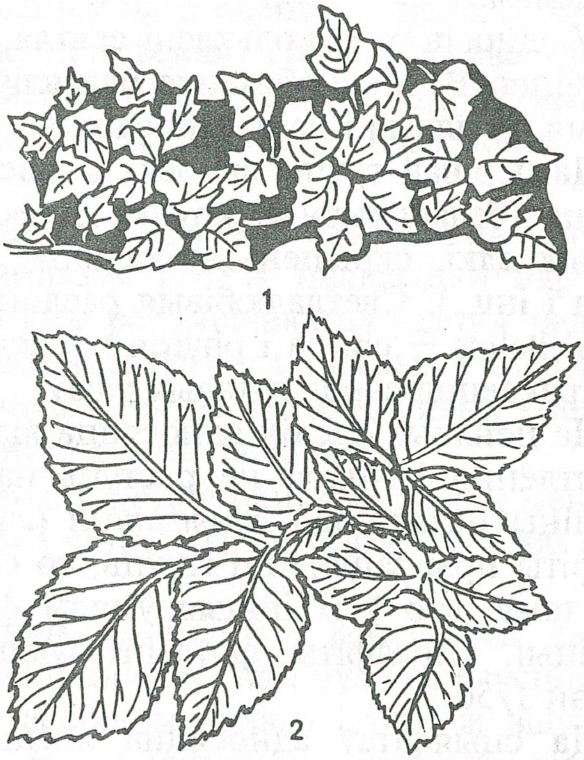
Акрамя таго, расліны, якія растуць ва ўмовах недастатковага асвятлення, часта афарбаваныя ў бледна-жоўты колер, што тлумачыцца адсутнасцю хларафілу або яго невялікай колькасцю. Агульнавядомым прыкладам этыяляцыі з'яўляюцца парасткі бульбы, клубень якой прарастае ў цемры.

Частковая або поўная этыяляцыя можа назірацца ў прыродзе. Напрыклад, травяністыя расліны, якія растуць у густым травастоі, адрозніваюцца ад тых, што растуць паасобку, больш выцягнутымі міжвузеллямі або больш вузкім лісцем.

Моцна этыяліраваныя маладыя парасткі, якія развіваюцца ў глебе або ў пласце ліставой падсцілкі, а таксама маладыя па-

расткі зімнезялёных раслін, якія развіваюцца пад снегам. Многія дрэвы, што растуць у густым лесе, таксама маюць прыкметы этыяляцыі (высокі рост, ачышчэнне ствалоў ад ніжніх бакавых галінак) у параўнанні з дрэвамі таго ж віду, што растуць на адкрытых месцах.

Акрамя этыяляцыі, святло абумоўлівае мазаічнае размяшчэнне лісця на парастках, або ліставую мазаіку. *Ліставая мазаіка* — размяшчэнне ліставых пласцінак усяго лісця на ветцы ў адной плоскасці. Гэта дасягаецца за кошт рознай даўжыні і згібаў чаранкоў і розных памераў ліставых пласцінак. Паменшаныя ліставыя пласцінкі запаўняюць прамежкі паміж іншым лісцем (рыс. 97). Мазаіку лісця можна назіраць на парастках вяза, клёна, ліпы, кураслепу, кісліцы. У некаторых маладых раслін за кошт неаднолькавага росту парасткаў утвараецца парасонападобная крона (яблыня), што таксама спрыяе больш раўнамернаму і аптымальнаму асвятленню лісця.



Рыс. 97. Ліставая мазаіка:
1 — у плюшчу; *2* — у вяза

Не ўсе расліны для нармальнага росту і развіцця патрабуюць аднолькавага асвятлення.

У 1907 г. Ж. Візнер прапанаваў шкалу ценевынослівасці драўняных раслін, на якой адлюстраваў параўнальную патрабавальнасць розных парод да асвятлення.

Белая акацыя — 1,0 (поўнае асвятленне)
Лістоўніца і ясень — 1/5—1/8 (ад поўнага асвятлення)
Таполя дрыжачая — 1/8
Бяроза — 1/9
Хвоя — 1/10
Таполя чорная — 1/11
Таполя белая — 1/15
Дуб — 1/20—1/26
Елка — 1/30
Ліпа — 1/40
Піхта — 1/45
Клён — 1/55
Граб — 1/56
Бук — 1/66
Цiс — 1/100
Самшыт — 1/108

Многія лясныя травяністыя расліны для нармальнага развіцця патрабуюць не менш 1/80–1/90 ад поўнага асвятлення; трапічныя травы здольныя развівацца пры асвятленні 1/120 ад поўнага. У цёмных пячорах пашыраны мох шыстастэга і некаторыя іншыя расліны, здольныя ўлоўліваць 1/2000 ад поўнага асвятлення.

У адносінах да колькасці святла, неабходнага для нармальнага развіцця, В. М. Любіменка падзяліў расліны на тры групы: светлавыя, ценявыя і ценевынослівыя.

Да першай групы адносяцца расліны, якія не выносяць зацянення (белакапытнік, крупка дуброўная, падбел звычайны, расходнік едкі, скрыпень вузкалісты, а таксама лістоўніца, бяроза, хвоя і інш.). Светлалюбівыя расліны называюцца *геліяфітамі* (ад грэч. helios – сонца і phyton – расліна). Многа светлавых раслін сустракаецца сярод лугавых відаў.

Да ценявых раслін адносяцца віды, якія не выносяць моцнага асвятлення і ніколі не растуць на адкрытых месцах. Ценявыя расліны называюць *сцыяфітамі* (ад грэч. skia – цень). Калі геліяфіты пры зацяненні гінуць, то сцыяфіты пераносяць яго добра, таму што ў іх іншыя ўмовы фотасінтэзу, дыхання і транспірацыі. Сцыяфіты фотасінтэзуюць пры мінімуме асвятлення ніжэй 1/50.

Да сцыяфітаў адносяцца лясныя травы: бальзамін, кісліца звычайная, майнік двухлісты, мудранка чатырохлістая, падалешнік еўрапейскі, многія лясныя папараці.

Ценевынослівымі называюць расліны, якія добра развіваюцца на святле, але без асаблівай шкоды выносяць зацяненне. Яны займаюць прамежкавае становішча паміж геліяфітамі і сцыяфітамі. Большасць відаў зоны змешаных лясоў ценевынослівыя (напрыклад, брусніцы, крынічнік, ландыш майскі, елка, бук, піхта і інш.)

Светлавыя і ценявыя расліны адрозніваюцца паміж сабой па анатамічнай будове і некаторых іншых прыкметах.

Для *светлавых раслін* характэрны наступныя прыкметы:

1) дыферэнцыяцыя мезафілу ліста на слупкаваты і губчаты;

2) хларапласты меншых памераў і ўтрымліваюць менш хларафілу, чым клеткі ценявых раслін;

3) клеткі эпідэрмісу дробныя і таўстасценныя, часта з моцна развітай кутыкулай;

4) добра развіта механічная тканка.

Ценявыя расліны адрозніваюцца наступнымі прыкметамі:

1) у лісці назіраецца слабая дыферэнцыроўка на слупкаваты і губчаты мезафіл або зусім адсутнічае;

2) хларапласты большых памераў і ўтрымліваюць больш хларафілу, чым светлавыя расліны;

3) клеткі эпідэрмісу буйныя, танкасценныя, часта ўтрымліваюць хларапласты;

4) у ценявых раслін або ў тых, што выраслі ў зацяненні, слаба развіта механічная тканка, у выніку чаго сцёблы і лісце іх аказваюцца мяккімі і гнуткімі. Так, пры вельмі густым пасеве хлебных злакаў даволі часта назіраецца паляганне раслін, як вынік недаразвіцця механічнай тканкі пры недахопе асвятлення ва ўнутранай частцы поля;

5) у ценявых раслін вельмі добра выражана здольнасць хларапластаў перамяшчацца ў цытаплазме клетак палісаднай парэнхімы. Пры моцным асвятленні яны размяшчаюцца ўздоўж радыяльных сценак і аказваюцца абароненымі ад прамых сонечных прамянёў, таму на яркім сонечным святле лісце ценявых раслін здаецца вельмі светлым, а ў цяні – цёмна-зялёным;

6) вусцейкаў на адзінку паверхні ліста ў ценявых раслін менш, чым у светлавых; больш рэдкая і сетка жылак (каля 200–300 мм на 1 см^2).

Расліны вельмі чутка рэагуюць на змены ў асвятленні, таму ўсе вышэйпералічаныя асаблівасці анатамічнай будовы ўласцівыя не толькі розным відам, але і асобінам аднаго і таго ж віду. У кронах дрэў і кустоў звычайна ёсць і светлавое, і ценявое лісце; першае размяшчаецца на асветленых баках кроны, другое – на зацененых баках і ў глыбіні кроны (рыс. 98).

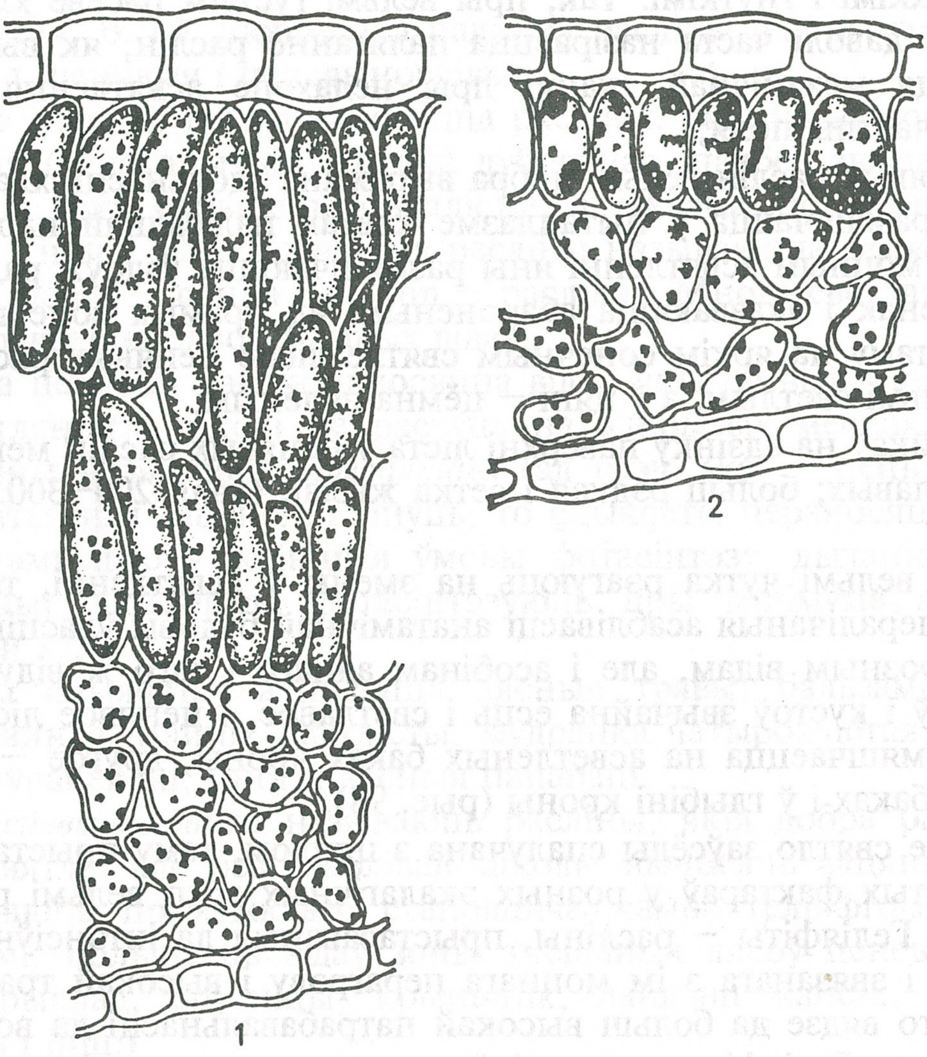
Сонечнае святло заўсёды спалучана з цяплом, таму прыстасаванні да гэтых фактараў у розных экалагічных груп вельмі разнастайныя. Геліяфіты – расліны, прыстасаваныя да інтэнсіўнага асвятлення і звязанага з ім моцнага перагрэву і высокай транспірацыі, што вядзе да больш высокай патрабавальнасці да водазабеспячэння. Геліяфіты часта з'яўляюцца адначасова і тэрмафітамі (ад грэч. thermē – цяпло) і ксерафітамі (ад грэч. xēros – сухі). У той жа час ценявыя расліны – сцыяфіты – часта падобныя па сваіх прыстасавальных асаблівасцях да групы вільгацелюбаў – гіграфітаў, якія пастаянна патрабуюць паветранай і глебавай вільгаці.

На практыцы бывае даволі цяжка высветліць, якія з гэтых камбінаваных прыстасаванняў узніклі пад уплывам святла або цяпла, а якія – пад уплывам умоў водазабеспячэння.

Святло ўплывае на рытмы жыцця і геаграфічнае пашырэнне раслін.

Інтэнсіўнасць і працягласць асвятлення мяняюцца на працягу года і сутак у залежнасці ад геаграфічнай шыраты: чым вышэй

шырата мясцовасці, тым больш доўгі дзень. Калі на экватары дзень роўны ночы, то ў астатніх кропках зямнога шара гэта назіраецца толькі ў час вясенняга і асенняга раўнадзенства. Такім чынам, на поўначы і поўдні недахоп цяпла ў вегетацыйны перыяд кампенсуецца больш працяглым асвятленнем.



Рыс. 98. Папярочны зрэз светлавога (*1*) і ценявога (*2*) ліста бэзу

На спецыфічны ўплыў працягласці дня і ночы на жыццё і развіццё раслін упершыню звярнулі ўвагу ў 1920 г. амерыканскія батанікі В. Гарнер і Н. Алард. Яны вылучылі тры групы раслін.

1. Расліны доўгага дня, цвіценне якіх не адбываецца або затрымліваецца, калі даўжыня дня роўная або менш 12 гадзін (авёс, жыта, пшаніца, бульба, капуста, бяроза і інш.).

2. Расліны кароткага дня, цвіценне якіх не адбываецца або затрымліваецца, калі даўжыня дня больш за 12 гадзін (рыс, кукуруза, проса, бавоўнік, соя).

3. Расліны прамежкавыя або нейтральныя да даўжыні дня (дзьмухавец, расходнік, маліна, метлюжок, сланечнік, гарох, грэчка і інш.).

Рэакцыю раслін на сезонныя змены даўжыні дня і ночы называюць *фотаперыядызмам*. Лічыцца, што фотаперыядызм — з'ява геаграфічная і яго ўплыў на расліны звязаны з іх паходжаннем: расліны доўгага дня па паходжанні з'яўляюцца паўночнымі, а расліны кароткага дня — паўднёвымі. Што да нейтральных раслін, то гэта расліны з вельмі шырокім арэалам, яны пашыраны як у паўночных, так і ў паўднёвых абласцях.

Цяпло. Гэта важнейшы экалагічны фактар і адна з неабходных умоў існавання жывых арганізмаў. Колькасць цяпла, якое акумулюецца Зямлёй, залежыць перш за ўсё ад прамянёвай энергіі Сонца і яе трансфармацыі на шляху да Зямлі.

Трансфармацыя прамянёвай энергіі даволі складаная і залежыць ад спалучэння шматлікіх фактараў, у выніку чаго ў розных абласцях Зямлі складаецца свой гадавы, месячны і сутачны тып радыяцыйнага балансу, які вызначае размеркаванне тэмператур у глебе і прыземных пластах паветра.

Цяпло адыгрывае істотную ролю ў жыцці раслін, паколькі ўсе фізіялагічныя і біяхімічныя працэсы, роўна як і асобныя фазы развіцця раслін, могуць праходзіць толькі ў пэўных тэмпературных межах.

Жыццядзейнасць раслін, верагодна, можа праходзіць у межах ад 0° да 100 °С, бо пры тэмпературы ніжэй 0° вада пераўтвараецца ў лёд, а пры тэмпературы вышэй 100 °С — у пар. Але на самой справе большасць раслін паспяхова развіваецца толькі ў інтэрвале ад 0° да +55 °С, паколькі пры больш высокай тэмпературы калоідныя растворы бялкоў пратапласта каагулююць (згусаюць) і страчваюць жыццяздольнасць. Тым не менш вядомы прыклады, калі расліны здольныя вытрымліваць больш высокія і больш нізкія тэмпературы. Напрыклад, некаторыя арктычныя водарасці паспяхова развіваюцца пры 20—30 °С ніжэй нуля. Даволі ўстойлівыя да нізкіх тэмператур і вышэйшыя расліны. Вядома, што лыжачніца арктычная на поўначы Сібіры вытрымлівае з лісцем і бутонамі зімнія тэмпературы ў -46 °С і вясной працягвае сваё развіццё. Такая расліна, як макрыца, выходзіць з-пад снегу з бутонамі і зялёным лісцем, а кветкі крокусаў вытрымліваюць тэмпературы -3...-5 °С. Шмат якія расліны без істотнай шкоды пераносяць зімовую сцюжу да -30...-40 °С. Сухое насенне шэрага відаў раслін захоўвае жыццяздольнасць і ўсходжасць пры зніжэнні тэмпературы да -200 °С або пры яе павелічэнні да +120 °С.

Аптымальным цеплавым рэжымам лічыцца такі, пры якім на працягу ўсяго жыцця, асабліва ў перыяд росту і развіцця, колькасць і працягласць цяпла найлепшым чынам забяспечваюць ход усіх фізіялагічных і біяхімічных працэсаў у дадзенай расліне пры дадзеных умовах.

Мінімальны цеплавы рэжым уяўляе сабой той мінімальны тэрмін працягласці і колькасці цяпла, за межамі якога жыццё расліны ў дадзеных умовах немагчыма з-за недахопу цяпла.

Верхняя мяжа колькасці і працягласці цяпла, за якой расліна гіне ад высокай тэмпературы, называецца *максімумам цеплавога рэжыму*.

Для большасці раслін аптымальнай з'яўляецца тэмпература 25—30 °С, а для такіх патрабавальных да цяпла раслін, як кукуруза, соя, фасоля і іншых відаў трапічнага і субтрапічнага паходжання, 30—35 °С. Трэба мець на ўвазе, што для кожнай фазы і стадыі развіцця раслін існуе як свой оптымум, так і свае верхняя і ніжняя межы тэмпературнага рэжыму.

Пры ўздзеянні на расліны тэмператур вышэй аптымальных рана ці позна наступае момант, калі ўсе жыццёвыя працэсы клетак будуць прыгнечаны. Пры працяглым уздзеянні высокіх тэмператур расліна ўрэшце рэшт гіне.

Высокая тэмпература вызывае змены вязкасці цытаплазмы клетак, што ўплывае на змяненне тэмпературнага парога яе каагуляцыі.

Лічыцца таксама, што прычынай пагібелі раслін пры высокіх тэмпературах з'яўляецца розніца ў інтэнсіўнасці працэсаў фотасінтэзу і дыхання. Так, у бульбы інтэнсіўнасць дыхання павялічваецца да тэмпературы 50 °С, у той час як аптымальнай для фотасінтэзу з'яўляецца тэмпература ў 20 °С, а пры тэмпературы 40 °С гэты працэс наогул спыняецца.

Такім чынам, пагібель раслін пры высокіх тэмпературах можа наступаць, верагодна, у выніку высільвання. Паколькі расліна заўсёды ўтрымлівае запасныя рэчывы, пагібель яе ад высокіх тэмператур наступае не адразу. Пры кароткачасовым уздзеянні расліна вытрымлівае больш высокія тэмпературы, чым пры працяглым. Напрыклад, лісце бульбы, што знаходзіцца на працягу гадзіны пры тэмпературы 42,5 °С, паступова пакрываецца цёмнымі кропкамі, якія ўяўляюць сабой адмерлыя часткі тканак ліста; пры тэмпературы вышэй 50 °С праз некалькі хвілін ліст цалкам адмірае.

Існуе яшчэ адна прычына пагібелі раслін. Выяўлена, што пры высокіх тэмпературах адбываецца разбурэнне бялкоў клетак і

пры гэтым утвараецца аміяк, які можа атручваць клеткі раслін, няўстойлівых да перагрэву. У клетках жараўстойлівых раслін назіраецца павелічэнне ўтрымання арганічных кіслот, якія звязваюць збыткоўны аміяк.

Верхняя тэмпературная мяжа пагібелі раслін можа павысіцца або панізіцца пад ўздзеяннем не тэмпературных, а іншых фактараў. Так, пад уздзеяннем хларыдаў і сульфатаў згусанне цытаплазмы ў клетках некаторых раслін (напрыклад, традэсканцыі) адбываецца толькі пры тэмпературы 74–76 °С. Адмоўны ўплыў на расліны высокіх тэмператур змягчае высокая абводненасць.

Працістаяць небяспечнаму ўплыву вельмі высокіх тэмператур расліны здольныя дзякуючы назапашванню ў цытаплазме некаторых рэчываў, у першую чаргу солей, якія павялічваюць тэмпературу сгусання калоідаў. Вялікае значэнне мае таксама транспірацыя, дзякуючы якой памяншаецца нагрэў і тым самым паслабляецца яго шкоднае ўздзеянне на расліны.

Многія расліны на паверхні маюць шчыльны покрыў з валаскоў, у выніку чаго павялічваецца адбіванне прамянёў святла і памяншаецца іх перагрэў; у адных раслін (струкавыя) лісткі складанага лісця здольныя складвацца; у другіх – ліставая пласцінка пры перагрэве паварочваецца рабром да святла.

Расліны неаднолькава прыстасоўваюцца да перанясення холаду і да сезонных змен тэмператур. Гэтыя прыстасаванні заключаюцца перш за ўсё ў чаргаванні фаз актыўнага росту і спакою.

Мнагалетнія драўняныя расліны перад наступленнем халоднай пары года скідваюць лісце. У многагадовых травяністых раслін адміраюць надземныя часткі, а ў аднагадовых – усе вегетатыўныя органы і застаецца толькі насенне. У застаўшыхся на зіму органах пры зніжэнні тэмпературы памяншаецца колькасць нязвязанай вады, аўксінаў і іншых, галоўным чынам роставых, рэчываў і г. д. Расліны ўмераных шырот прыстасаваліся да чаргавання цёплых і халодных перыядаў года.

Многія расліны, пашыраныя ў халодным клімаце, нізкарослыя, з дробным лісцем; для некаторых з іх характэрны своеасаблівыя формы (сцелістыя або падушкападобныя) і павольны рост. Вынікам прамога ўплыву нізкіх тэмператур з'яўляецца *геафілізацыя* – апусканне ніжняй базальнай часткі раслін у глебу (спачатку гіпакатыля, потым эпікатыля, першага міжвузелля і г. д.). Гэтая ўласцівасць характэрна пераважна для кветкавых раслін. З апусканнем у глебу асновы парасткаў інтэнсіўна развіваецца сістэма прыдаткавых каранёў, карэнішчаў, сталонаў і іншых органаў вегетатыўнага размнажэння, што таксама з'яўляецца прыстасаваннем для перанясення раслінамі неспрыяль-

ных умоў, звязаных з уплывам нізкіх тэмператур. У антагенезе шмат якіх пакрытанасенных геафілізацыя ажыццяўляецца з дапамогай асобых уцягвальных (скарачальных або так званых кантрактыльных) каранёў.

Галоўная прычына пагібелі раслін ад марозу – утварэнне крышталікаў лёду ў міжклетніках.

Пры ўздзеянні на расліны нізкіх тэмператур у першую чаргу замярзае вада, якая ўтрымліваецца ў міжклетніках, а не цытаплазма і клетачны сок. Крышталі лёду, якія ўтвараюцца ў міжклетніках, разрастаюцца, адцягваюць ваду з клетак і тым самым садзейнічаюць абязводжванню цытаплазмы. Акрамя таго, лёд разрывае клетачные абалонкі і наносіць клетцы і цытаплазме механічныя пашкоджванні, у выніку чаго апошняя згусае і клетка гіне. Такім чынам, каб пазбегнуць шкоднага ўплыву адмоўных тэмператур, расліны павінны выпрацаваць такія прыстасаванні, што памяншалі б выдаленне вады з клетак у міжклетнікі.

Да ліку больш важных прыстасаванняў такога роду адносіцца прысутнасць у клетачным соку цукраў і некаторых іншых рэчываў, утрыманне якіх узрастае напярэдадні халоднай пары года. Цукры павялічваюць канцэнтрацыю клетачнага соку, яго асматычны ціск, дзякуючы чаму паслабляецца выдаленне вады ў міжклетнікі. Апроч таго, цукры засцерагаюць бялкі цытаплазмы ад згусання.

Акрамя назапашвання цукраў, адбываецца павелічэнне ўтрымання гідрафільных калоідаў, галоўным чынам пентазанаў, якія моцна ўтрымліваюць ваду ўнутры клетак, што таксама садзейнічае марозаўстойлівасці і засухаўстойлівасці раслін. Марозаўстойлівасці спрыяюць таксама амінакіслоты, растворы хларыдаў, асабліва натрыю хларыд, натрыевая і каліевая солі воцатнай кіслаты.

Па ступені адаптацыі раслін да ўмоў крайняга дэфіцыту цяпла можна вылучыць тры групы:

1) *нехоладаўстойлівыя расліны* – моцна пашкоджваюцца або гінуць пры тэмпературах вышэй кропкі замярзання вады. Да гэтай групы адносяцца расліны трапічных лясоў, водарасці цёплых мораў;

2) *немарозаўстойлівыя расліны* – вытрымліваюць непрацяглы час нізкія тэмпературы (да -10...-15 °С), але гінуць, як толькі ў тканках утвараецца лёд. Пры наступленні холаду ў іх павялічваецца канцэнтрацыя асматычна актыўных рэчываў у клетачным соку і цытаплазме, што паніжае кропку замярзання да -5... -7 °С. Да гэтай групы раслін адносяць вечназялёныя субтра-

пічныя віды, а таксама шмат якія лістасцябловыя расліны нашага краю ў перыяд вегетацыі;

3) *марозаўстойлівыя расліны*. Да гэтай групы адносяцца вечназялёныя хвойныя расліны (елка, туя, хвоя, ядловец), лістападныя дрэвы і кустоўе (пасля адпаведнай падрыхтоўкі). Так, елка звычайная, хвоя звычайная, ядловец звычайны, асіна, бяроза павіслая пераносяць тэмпературу ніжэй -40 °С; туя заходняя, дуб чарэшчаты – -35...-40 °С; ядловец казацкі, клён палявы, клён татарскі, ліпа буйналістая, арэх маньчжурскі, бэз вытрымліваюць тэмпературу -25...-30 °С.

Расліны рыхтуюцца да перанясення марозаў паступова, праходзячы папярэднюю загартоўку пасля таго, як спыняюцца роставыя працэсы. Загартоўка заключаецца ў назапашванні ў клетках цукраў (да 20–30 %), амінакіслот, бялкоў і іншых рэчываў, якія звязваюць ваду. Пры гэтым вада цяжэй адцягваецца крышталікамі ільду, што ўтвараюцца ў тканках.

Падчас моцных марозаў надземныя органы дрэў і кустоўя прамярзаюць, але тым не менш захоўваюць жыццяздольнасць.

Паступовая загартоўка дазваляе раслінам вытрымліваць даволі нізкія тэмпературы. Напрыклад, чаранкі чорнай парэчкі пасля загартоўкі ў лабараторных умовах здольныя ўкараняцца і развівацца нават пасля вытрымлівання іх пры -253 °С.

У сучаснасці тэмпературныя ўмовы на зямным шары рэзка адрозніваюцца і цяпло з'яўляецца важным фактарам, які вызначае размеркаванне расліннасці на Зямлі. Зніжэнне тэмпературы і змяненне вільготнасці ў напрамку ад экватара да полюсаў выклікае змену раслінных фармацый, у выніку чаго пэўным кліматычным зонам адпавядаюць пэўныя зоны расліннасці.

Пры падыманні ў горы таксама назіраецца паступовае памяншэнне колькасці цяпла, што абумоўлівае паясное размеркаванне расліннасці (напрыклад, ліставы лес – хваёвы лес – субальпійскія лугі – альпійскія лугі – пояс вечных снягоў). Гэтая з'ява называецца ***вертыкальнай занальнасцю*** або ***пояснасцю***.

Такім чынам, цяпло ўплывае на рост і развіццё раслін, на ход іх жыццёвых працэсаў. Яно абумоўлівае станаўленне раслінных супольніцтваў, накладвае адбітак на іх аблічча. Цяпло – вядучы фактар, які вызначае разам з вільготнасцю занальнасць расліннасці на плакоры і пояснасць яе ў гарах.

Вада. Жывыя арганізмы не могуць існаваць без вады, таму што яна – неад'емная іх частка. У складзе раслін ад 40 да 90 % і больш вады. Вада неабходная для росту і развіцця раслін, для фотасінтэзу, транспірацыі і іншых фізіялагічных і біяхімічных працэсаў, якія адбываюцца ў іх. Ураджай сельскагаспадарчых

культур і біямаса ўсіх раслін у большасці вызначаецца колькасцю лёгкадаступнай для каранёў вады. Асноўная крыніца вады — атмасферныя ападкі. У абласцях, багатых на ападкі, раслінны покрыў густы і высокі; ён больш-менш раўнамерна распаўсюджаны на ўсёй плошчы, яго прадукцыйнасць вельмі высокая. У засушлівых абласцях раслінны покрыў зрэджаны, травастой нізкі, расліны размяшчаюцца нераўнамерна, у выніку чаго прадукцыйнасць усёй біямасы зніжаецца.

Вада больш за іншыя фактары вызначае знешняе аблічча раслін, г. зн. яна з'яўляецца адным з вядучых фактараў формаўтварэння.

У залежнасці ад адносін да вады адрозніваюць наступныя экалагічныя групы раслін: гіграфіты (ад грэч. hygros — вільготны) — водныя расліны і расліны збыткоўна ўвільготненых месцапражыванняў; ксерафіты (ад грэч. xēros — сухі) — расліны фізічна або фізіялагічна сухіх месцапражыванняў; мезафіты (ад грэч. mesos — сярэдні) — расліны сярэдніх па ўвільгатненні ўмоў, г. зн. дастаткова ўвільготненых месцаў, такіх, як большасць раслін лугоў і лясоў Беларусі.

Сярод *гіграфітаў* можна вылучыць *уласна гіграфіты* — наземныя расліны збыткоўна ўвільготненых месцаў (балот, сырых лугоў, лясоў, берагоў вадаёмаў), такія, напрыклад, як бабок трохлісты, лотаць балотная, капытнік балотны, касач жоўты, пухоўка шыракалістая, хвошч прырэчны, цыкута ядавітая, чарот азёрны, шабельнік балотны, шчамяліца; *гідрафіты* (ад грэч. hydōr — вада) — расліны, што растуць у вадзе і менш як напалавіну заглыбленыя ў яе (стрэлкаліст звычайны, трыснёг, хвошч балотны, шальнік), і *гідатафіты* (ад грэч. hydōr, р. скл. hydatos — вада) — расліны, якія большай часткай або цалкам апушчаныя ў ваду (альдраванда пузырчатая, казялец цвёрдалісты, плывунец звычайны, рагалісник, урэчнік бліскучы, урэчнік кучаравы, эладэя канадская).

Сярод водных раслін выдзяляецца таксама пераходная група — *аэрагідатафіты*. Яе складаюць гідатафіты, у якіх частка лісця плавае на паверхні вады (гарлачык белы, гарлачык жоўты, жабнік, раска).

Гіграфіты не выносяць воднага дэфіцыту і не прыстасаваныя да абмежаванага расходу вільгаці. Усе гіграфіты маюць шэраг агульных анатама-марфалагічных і фізіялагічных асаблівасцей, якія ўзніклі ў ходзе іх эвалюцыі як прыстасаванні да ўмоў воднага асяроддзя.

1. У сувязі з адносна невялікай колькасцю кіслароду ў вадзе водныя расліны адрозніваюцца моцным развіццём паверхні ў ад-

носінах да агульнай масы цела; у іх звычайна доўгія і тонкія сцёблы, тонкае і празрыстае лісце або лісце рассечана на дробныя долі. Гнуткія сцёблы і доўгае стужкападобнае або рассечанае лісце дапамагаюць процістаяць механічнай сіле плыняў вады.

2. У водных раслін часта назіраецца разналістасць (гетэрафілія): лісце, якое плавае на паверхні вады або размяшчаецца над вадой, істотна адрозніваецца ад лісця, што размяшчаецца ў вадзе. Першае мае больш буйныя пласцінкі, воднае лісце больш дробнае, часта рассечанае на вузкія ніткавыя долі. У падводнага лісця эпідэрміс вельмі тонкі, без кутыкулы, пласцінка ліста таксама тонкая, без вусцейкаў, лёгка прапускае ваду. Парэнхіма такога лісця не дыферэнцыруецца на слупкаватую і губчатую; усе клеткі амаль аднолькавыя па велічыні і форме (ценявая структура).

Лісце, якое плавае на паверхні вады або размяшчаецца над вадой, мае іншую, больш складаную будову, чым воднае лісце. Ніжні эпідэрміс тонкі, без вусцейкаў, а верхні — больш тоўсты, з кутыкулай, часта бліскучы, са шматлікімі вусцейкамі (ад 400 да 600 на 1 мм^2). Парэнхіма дыферэнцыравана на слупкаваты і губчаты мезафіл (рыс. 99).

3. Недахоп кіслароду ў вадзе вядзе да моцнага развіцця паветраносных поласцей і вялікіх міжклетнікаў, якія ў некаторых раслін складаюць да 70 % і больш усяго аб'ёму цела; па іх паветра з надводных частак праходзіць да самых тонкіх каранёў. Тканка, багатая на паветраныя поласці, называецца *аэрэнхімай* (рыс. 100, 101).

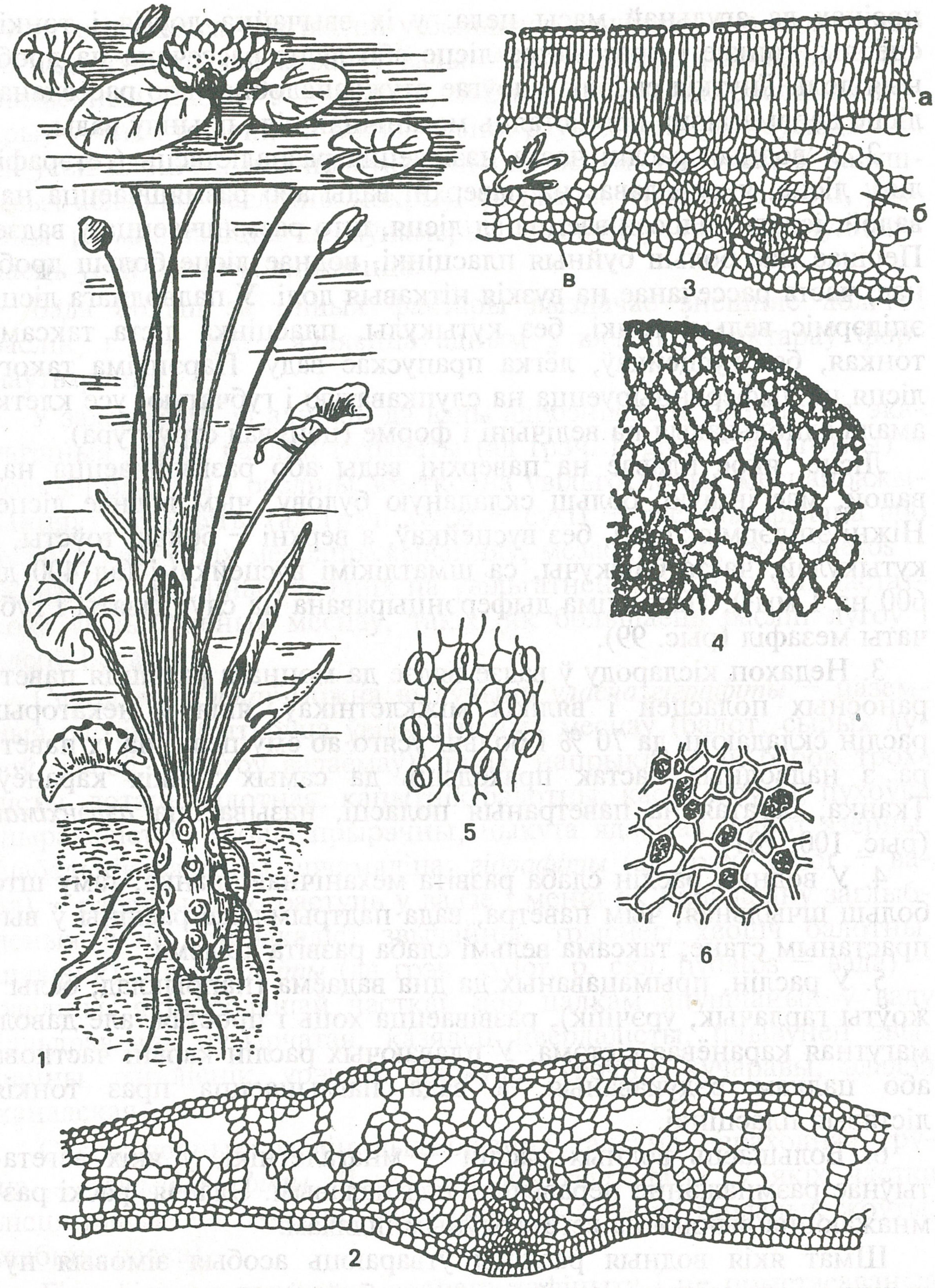
4. У водных раслін слаба развіта механічная тканка, таму што больш шчыльная, чым паветра, вада падтрымлівае расліны ў выпрастаным стане; таксама вельмі слаба развіта ксілема.

5. У раслін, прымацаваных да дна вадаёма (напрыклад, белы і жоўты гарлачык, урэчнік), развіваецца хоць і простая, але даволі магутная каранёвая сістэма. У плаваючых раслін карані часткова або цалкам рэдукаваныя, а вада паглынаецца праз тонкія ліставыя пласцінкі.

6. Большасць водных раслін — мнагалетнікі, у якіх вегетатыўнае размнажэнне перавышае над палавым. Эладэя, раскі размнажаюцца выключна вегетатыўным шляхам.

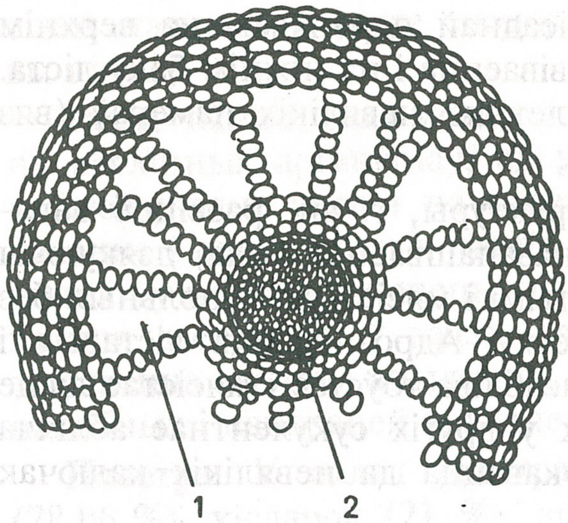
Шмат якія водныя расліны ўтвараюць асобыя зімовыя пупышкі — «турыёны», што ўяўляюць сабой відазмененыя парасткі з вялікім запасам пажыўных рэчываў. Турыёны даволі цяжкія, у выніку чаго яны асядаюць на дно, дзе і зімуюць.

Насенне водных раслін вельмі доўга захоўвае здольнасць да прарастання, верагодна, як вынік эвалюцыйнага прыстасавання да часовага перасыхання вадаёмаў.

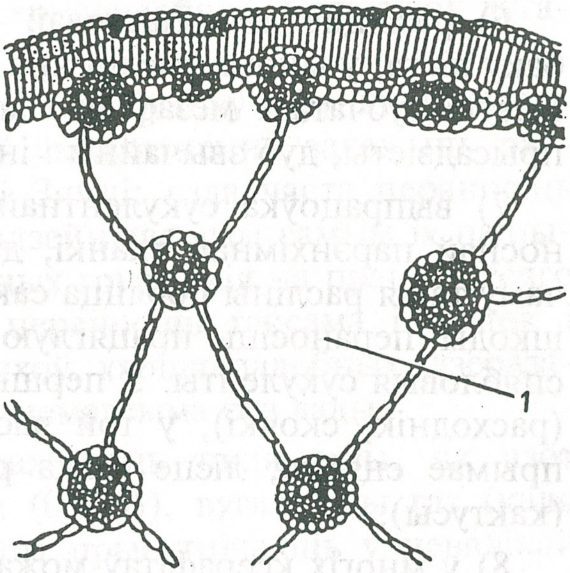


Рыс. 99. Гарлачык белы:

1 — агульны выгляд расліны; *2* — папярочны зрэз падводнага ліста; *3* — папярочны зрэз плаваючага ліста (*а* — палісадная тканка; *б* — міжклетнікі; *в* — клеткі-ідыябласты); *4* — папярочны зрэз прыдаткавага кораня; *5* — верхні эпідэрміс плаваючага ліста; *6* — ніжні эпідэрміс таго ж самага ліста



Рыс. 100. Папярочны зрэз сцябла шышняку:
1 — міжклетнік у першаснай кары; *2* — сасуды цэнтральнага цыліндра



Рыс. 101. Частка папярочнага зрэзу сцябла чароту азёрнага:
1 — буйныя поласці аэрэнхімы

Ксерафіты – расліны засушлівых умоў існавання. Яны здольныя перажываць працяглую атмасферную і глебавую засуху, але пры гэтым застаюцца фізіялагічна актыўнымі. Як і гіграфіты, ксерафіты – неаднародная група. Яны маюць разнастайныя прыстасаванні да існавання ва ўмовах недахопу вільгаці. Адрозніваюць, напрыклад, ксерафіты з павышанай транспірацыяй, у якіх страта вады на выпарэнне кампенсуецца дзякуючы дзейнасці каранёў, што глыбока пранікаюць у глебу і часткова дасягаюць ваданосных пластоў. З другога боку, адрозніваюць ксерафіты, у якіх паслабляецца транспірацыя з дапамогай такіх прыстасаванняў, як, напрыклад:

1) памяншэнне ліставых пласцінак (верас звычайны, журавіны) або пераўтварэнне іх у калючкі (кактусы);

2) змяненне арыентацыі лісця ў адносінах да сонечных прамянёў, калі ліставыя пласцінкі размяшчаюцца ў прасторы не перпендыкулярна, а паралельна падаючым прамяням, у выніку чаго паслабляецца награванне і адпаведна транспірацыя (латук);

3) падоўжнае скручванне або складванне лісця ўнутр той паверхняй, на якой размяшчаюцца вусцейкі;

4) моцнае развіццё васковага налёту на паверхні раслін, у выніку чаго яны маюць шызае адценне (віды малачаю, дзерачка);

5) развіццё кутыкулы і таўстасценнага, часам многапластовага эпідэрмісу; лісце з добра развітай механічнай тканкай, таму нават пры вялікіх стратах вады лісце не страчвае пруткасці і тургору;

6) развіццё двухпластовай палісаднай парэнхімы на верхнім баку ліста; у многіх раслін яна развіваецца і на ніжнім баку ліста. Клеткі губчатага мезафілу і міжклетнікі невялікіх памераў (вяз прысадзісты, дуб звычайны і інш.);

7) выпрацоўка сукулентнай структуры, г. зн. развіццё ваданоснай парэнхімнай тканкі, дзе назапашваецца вада, дзякуючы чаму такія расліны робяцца сакавітымі і мясістымі і здольныя без шкоды пераносіць працяглую засуху. Адрозніваюць ліставыя і сцябловыя сукуленты. У першых асабліва тоўстае і мясістае лісце (расходнік, скочкі), у той час як у другіх сукулентнае аблічча прымае сцябло, лісце можа рэдукавацца да невялікіх калючак (кактусы);

8) у многіх ксерафітаў можа развівацца вялікі асматычны ціск (да 100 атм), што дазваляе ім паглынаць ваду, недасягальную для іншых раслін.

Усе пералічаныя прыкметы ксераморфнай структуры залежаць ад навакольнага асяроддзя. У больш сухіх умовах прыкметы ксераморфнасці ўзмацняюцца, павялічваюцца апушэнне, скручанасць лісця і інш. Тыповыя ксерафіты, нягледзячы на прыкметы, што абмяжоўваюць транспірацыю, здольныя расходаваць вільгаці намнога больш, чым мезафіты, калі глеба, на якой яны растуць, у дадзены момант дастаткова ўвільготненая. Такім чынам, ксерафіты не толькі эканомна расходуюць вільгаць, але і інтэнсіўна здабываюць яе з глебы. Нават самыя тыповыя ксерафіты не з'яўляюцца раслінамі-сухалюбамі, яны толькі засухаўстойлівыя і здольныя пераносіць недахоп вільгаці з меншай шкодай, чым мезафіты.

Мезафіты займаюць прамежкавае становішча паміж гіграфітамі і ксерафітамі. Яны больш патрабавальныя да вільгаці, чым ксерафіты, і менш, чым гіграфіты. Мезафіты пашыраны як у трапічных, так і ў халодных абласцях, але найбольш характэрны для сярэдніх умоў увільгатнення і цеплавога рэжыму. Па марфалагічнай будове і фізіялогіі мезафіты спалучаюць розныя ксераморфныя і гіграморфныя рысы. Тканкі лісця мезафітаў падзяляюцца на шчыльную палісадную парэнхіму, якая размяшчаецца на верхнім баку ліста, і губчатую рыхлую парэнхіму – з ніжняга боку ліста. Клеткі і міжклетнікі сярэдніх памераў. Сетка жылак менш густая, чым у ксерафітаў, сярэдняя і колькасць вусцейкаў. Асматычны ціск клетачнага соку каля 20–25 атм. Тыповымі мезафітамі з'яўляюцца многія культурныя расліны: збожжавыя, пладова-ягадныя, агародніна, ліставыя дрэвы, лугавыя травы (аўсяніца лугавая, купкоўка зборная, канюшына, герань лясная, падалешнік еўрапейскі, снітка звычайная, цімафееўка, дзерачка,

сівец стаячы, вострыца, люцэрна серпападобная, метлюжок лугавы і інш.).

Такім чынам, вада моцна ўплывае на будову і функцыянаванне раслінных арганізмаў; ад умоў увільгатнення залежыць распаўсюджванне раслін на паверхні Зямлі; вада часта пераносіць насенне і плады многіх раслін і садзейнічае тым самым іх пашырэнню; у некаторых спецыялізаваных груп, якія на працягу ўсяго жыцця застаюцца ў вадзе, вада пераносіць таксама і пылок і з'яўляецца агентам апылення; у імхоў, хвошчападобных, дзеразападобных і папарацей апладненне немагчыма без вады.

Паветра. У склад паветра ўваходзяць такія газы, як азот (78,06 %), кісларод (21 %), аргон (0,9 %), вуглякіслы газ (каля 0,03 %). Акрамя таго, у атмасферы прысутнічаюць у невялікай колькасці неон, крыптон, ксенон, а таксама розныя прымесі (дыаксід серы, аміяк, аксіды азоту і інш.) і розныя газападобныя духмяныя выдзяленні раслін.

Паветра ўплывае на расліны сваім газавым складам, рухам, вільготнасцю і празнымі прымесямі.

Для раслін паветра з'яўляецца абавязковай умовай існавання, паколькі вуглякіслы газ неабходны для ажыццяўлення фотасінтэзу, а кісларод – для дыхання.

Азот атмасферы раслінамі не засвойваецца і непасрэднага ўплыву на іх не аказвае. Толькі некаторыя бактэрыі здольныя паглынаць і засвойваць свабодны азот (напрыклад, клубеньчыкавыя бактэрыі роду рызобіум або цыянабактэрыі). Усе расліны атрымліваюць азот, неабходны для ўтварэння бялкоў і іншых азотутрымліваючых рэчываў, з мінеральных солей глебы.

Пры вялікім фізіялагічным значэнні паветра ў жыцці раслін формаўтвараючая роля яго параўнальна невялікая. Гэта тлумачыцца, верагодна, тым, што атмасфернае паветра па складзе аднароднае, пастаянна і нязначна хістаецца ў залежнасці ад мясцовых умоў і, як правіла, утрымлівае кісларод і вуглякіслы газ у дастатковай для раслін колькасці. Гэта пацвярджаецца тым, што ў шэрагу выпадкаў, калі якія-небудзь органы аказваюцца ва ўмовах пастаяннага недахопу паветра, у іх адбываюцца прыстасавальныя структурныя змены. Так, у тканках водных раслін добра развіта асобая паветраносная тканка – аэрэнхіма, у некаторых трапічных і нашых балотных раслінах развіваюцца своеасаблівыя «дыхальныя» карані і г. д.

У трапасферы, г. зн. у самых ніжніх пластах атмасферы, газавая абалонка Зямлі больш шчыльная і разам з гэтым найбольш дынамічная. У сярэдніх шыротах на вышыні да 11 км, на полюсах – да 9 км, а каля экватара – да 18 км паветра ўвесь час пе-

рамешваецца і выроўніваецца ў выніку вертыкальных перамяшчэнняў, што вызываюцца нагрэвам ніжніх яго пластоў. Разам з пастаянным паглынаннем асобных газаў у біясферы адбываюцца працэсы іх аднаўлення і газавы склад атмасферы хістаецца, такім чынам, нязначна.

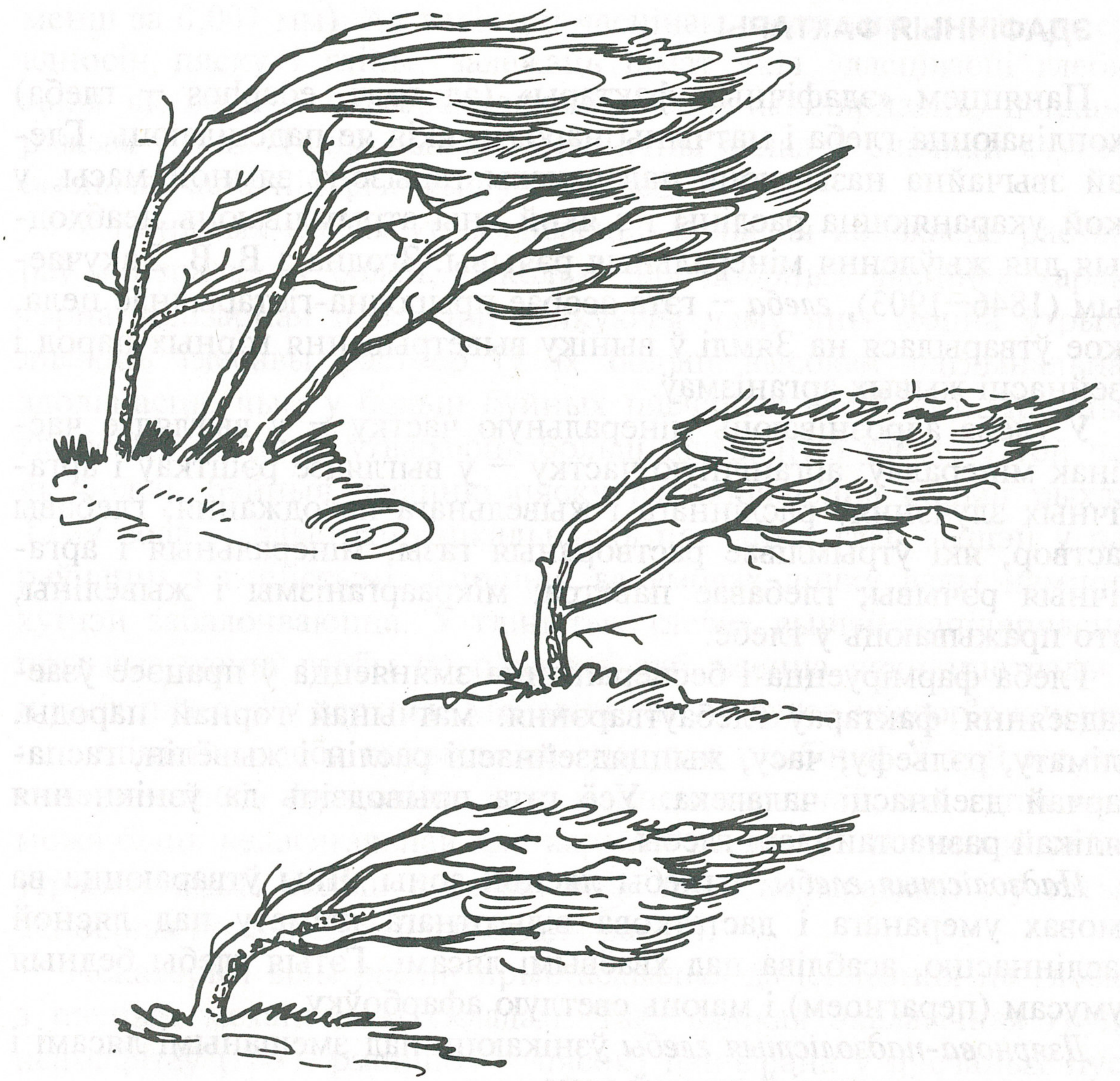
Згубнае ўздзеянне на расліны аказваюць шкодныя прымесі, якія прысутнічаюць у паветры, такія, напрыклад, як дыяксід серы, хлорысты вадарод, аксіды азоту, часцінкі вугалю, металічнага пылу, сажы і інш. Асабліва багатае на розныя прымесі паветра ў гарадах і побач з прамысловымі прадпрыемствамі. Некаторыя газы (напрыклад, сярністы газ) ужо ў вельмі невялікай колькасці вызываюць парушэнні фізіялагічных працэсаў і ўрэшце рэшт прыводзяць да гібелі раслін. Сутнасць шкоднага ўплыву сярністага газу на расліны заключаецца ў наступным: ён пранікае ў клеткі тканак, раствараецца ў вадзе і ўтварае сярністую кіслату, якая вызывае акісленне змесціва клетак. У акісленні клетачнага змесціва, акрамя дыяксіду серы, прымаюць удзел і іншыя кіслыя газы: хлор, трыаксід серы, аксіды азоту. Яны пашкоджваюць хларапласты, цытаплазму, разбураюць хларафіл, аскарбінавую кіслату і іншыя рэчывы клеткі.

У многіх буйных гарадах назіраецца смог — густы туман, утвораны выкідамі прамысловых прадпрыемстваў, выхлапнымі газамі аўтамабіляў. Асабліва шкодны фотахімічны смог, які ўзнікае ў выніку ўзаемадзеяння дыму і выхлапных газаў з сонечным выпраменьваннем і які ўтрымлівае вялікую колькасць аксіду вугляроду.

Расліны з'яўляюцца натуральнымі фільтрамі: яны ачышчаюць паветра ад пылу, попелу і іншых шкодных рэчываў. Але пыл і попел, якія затрымліваюцца на кронах дрэў, потым змываюцца дажджом з паверхні раслін і трапляюць у глебу. Пры гэтым змяняецца кіслотнасць глебы, што шкодна ўплывае на жыццядзейнасць клетак каранёў. Газападобныя злучэнні і солі, якія ўтвараюцца з пылу, прыгнятаюць рост раслін. Асабліва няўстойлівыя да такіх рэчываў бульба, многія драўняныя расліны, такія як піхта, елка, дуб, хвоя; у той жа час многія віды таполі, вяз, бяроза і некаторыя іншыя дрэвы больш устойлівыя да прымясяў паветра.

У якасці экалагічнага фактару большае значэнне мае перамяшчэнне паветра (вецер). Пры ветры ўзмацняецца выпарэнне, расліны страчваюць больш вады, чым звычайна, тым самым рэзка парушаецца водны баланс, і расліны ў выніку гэтага могуць загінуць. У засушлівых умовах пагібель раслін ад сухавеяў — звычайная з'ява.

Шырока вядома формаўтваральнае ўздзеянне ветру ў выпадках, калі вецер на працягу ўсяго года накіраваны ў адзін бок. Пры гэтым фарміруюцца аднабокія сцягападобныя кроны (рыс. 102), выгнутыя ствалы, назіраецца дэструкцыя гадавых кольцаў і г. д. Сукупнае ўздзеянне ветру і тэмпературы рэзка ўзмацняе фарміраванне своеасаблівых шпалерных і слупападобных формаў дрэў. Вецер высушвае ўсе часткі расліны, якія ўзвышаюцца над паверхняй снежнага покрыва. Гэтай з'явай тлумачыцца таксама ўзнікненне кроны некаторых дрэў у форме спадніцы.



Рыс. 102. Сцягападобная крона

Вецер моцнай сілы (ураган, тайфун і г. д.), асабліва парывісты, часта пашкоджвае дрэвы або вырывае іх разам з каранёвай сістэмай. Часта такім чынам знішчаецца лес на вялікай плошчы.

Асабліва пры гэтым церпіць елка з яе паверхневай каранёвай сістэмай.

Велізарную ролю адыгрывае вецер у якасці агента апылення і агента распаўсюджвання спор, насення і пладоў.

Атмасферны ціск не ўплывае прама на жыццядзейнасць раслін. У той жа час калыханні ціску ўплываюць на газаабмен паміж паветрам глебы і прыземным пластом свабоднай атмасферы. Пры паніжэнні ціску глебавае паветра дыфундзіруе з глебы, і, наадварот, пры павелічэнні ціску глеба насычаецца паветрам і назіраецца лепшае забеспячэнне клетак каранёў кіслародам.

ЭДАФІЧНЫЯ ФАКТАРЫ

Паняццем «эдафічныя фактары» (ад грэч. edaphos — глеба) ахопліваюцца глеба і матчыны пароды, якія яе падсцілаюць. Глебай звычайна называюць паверхневы гарызонт зямной масы, у якой укараняюцца расліны і з якой яны атрымліваюць неабходныя для жыўлення мінеральныя рэчывы. Згодна з В. В. Дакучаевым (1846—1903), *глеба* — гэта асобае прыродна-гістарычнае цела, якое ўтварылася на Зямлі ў выніку выветрывання горных парод і дзейнасці жывых арганізмаў.

У глебе адрозніваюць мінеральную частку — у выглядзе часцінак мінералаў; арганічную частку — у выглядзе рэшткаў і арганічных злучэнняў расліннага і жывёльнага паходжання; глебавы раствор, які ўтрымлівае раствораныя газы, мінеральныя і арганічныя рэчывы; глебавае паветра; мікраарганізмы і жывёліны, што пражываюць у глебе.

Глеба фарміруецца і бесперапынна змяняецца ў працэсе ўзаемадзеяння фактараў глебаўтварэння: матчынай горнай пароды, клімату, рэльефу, часу, жыццядзейнасці раслін і жывёлін, гаспадарчай дзейнасці чалавека. Усё гэта прыводзіць да ўзнікнення вялікай разнастайнасці глебы.

Падзолістыя глебы — глебы лясной зоны. Яны ўтвараюцца ва ўмовах умеранага і дастаткова вільготнага клімату пад лясной расліннасцю, асабліва пад хваёвымі лясамі. Гэтыя глебы бедныя гумусам (перагноем) і маюць светлую афарбоўку.

Дзярнова-падзолістыя глебы ўзнікаюць пад змешанымі лясамі і сухадольнымі лугамі ў лясной зоне.

Шэрыя лясныя глебы фарміруюцца пад шыракалістымі лясамі. Тут добра развіты магутны гумусавы (перагнойны) пласт.

На абалоне рэк і азёраў пад лугавой расліннасцю ўтвараюцца лугавыя глебы. Пры забалочванні і назапашванні торфу такія глебы пераўтвараюцца ў лугава-балотныя і балотныя.

Для раслін аднолькава важныя як фізічныя, так і хімічныя ўласцівасці глебы. Пад фізічнымі ўласцівасцямі падразумяваюцца механічны склад, структура, вільгацяёмістасць, паветрапранікальнасць і інш. Хімічныя ўласцівасці вызначаюцца ўтрыманнем у глебе розных рэчываў, а таксама кіслотнасцю, салявым рэжымам і г. д.

З усіх фізічных уласцівасцей глебы рашаючым з'яўляецца яе механічны склад. Ён залежыць ад таго, на аснове якіх матчыных парод утварылася глеба. У залежнасці ад памераў часцінак адрозніваюць камяні (больш 10 мм у дыяметры), жвір (дыяметр 3–10 мм), пясок (0,05–3 мм), пыл (0,001–0,05 мм) і гліна (дыяметр менш за 0,001 мм). Ад велічыні часцінак, галоўным чынам ад суадносін пяску і гліны, залежаць шмат якія ўласцівасці глебы, такія як вода- і паветрапранікальнасць, капілярнасць, цеплавы рэжым і інш. Такім чынам, механічны склад у значнай ступені вызначае астатнія фізічныя ўласцівасці глебы.

У глiністых глебах утрымліваецца большая колькасць раствораў мінеральных солей, паколькі для дробных часцінак характэрна велізарная паверхня, дзякуючы чаму яны моцна ўтрымліваюць глебавы раствор (у іх больш высокая паглынальная здольнасць, чым у больш буйных пясчаных часцінак). Дробныя глiністыя часцінкі ўтвараюць больш шчыльную глебу, у той час як больш буйныя часцінкі пяску размяшчаюцца больш рыхла. Таму вода- і паветрапранікальнасць пясчаных глеб вышэй у параўнанні з гліністымі. Апошнія ва ўмовах лішку вады намнога хутчэй забалочваюцца. У глiністых глебах вышэй капілярнасць: пры высыханні глебы на паверхні адбываецца падняцце вады з ніжніх пластоў у верхнія. Менавіта таму ў сухое надвор'е шчыльная гліністая глеба высыхае на значную глыбіню. У той жа час гліністая глеба ўтрымлівае ваду мацней пясчанай, але гэтая вада можа быць недасягальнай для каранёў раслін. У пясчаных глебах утрымліваецца больш паветра, яны лепш аэрыраваны і ў гэтых адносінах больш спрыяльныя для раслін.

Некаторыя віды раслін прыстасаваліся да існавання на глебах з пэўным механічным складам. Так, вялікая экалагічная група псамафітаў (грэч. psammos – пясок) пашырана ў пясчаных пустынях, на пясчаных берагах рэк і азёраў, а хазмафіты (ад грэч. chasma – глыбокая расколіна) існуюць у расколінах і паглыбленнях скал, на камяністых схілах (каменяломкі, ядловец, скальныя формы бука і дуба). Іх карані і карэнішчы глыбока пранікаюць у расколіны паміж камянямі і надзейна ўтрымліваюць іх на субстраце, а таксама забяспечваюць мінеральнымі рэчывамі.

Расліны атрымліваюць з глебы мінеральныя рэчывы, неабходныя ім для жыўлення. Такім чынам, экалагічная розніца паміж глебамі вызначаецца не толькі фізічнымі ўласцівасцямі, але і тым, якія мінеральныя рэчывы і ў якой колькасці ўтрымліваюцца ў іх.

Паглынаць з глебы розныя хімічныя злучэнні расліны здольныя толькі ў раствораным выглядзе. Глебавы раствор звычайна мае даволі нізкую канцэнтрацыю, і яго асматычны ціск (0,2–1 атм) меншы за асматычны ціск клетачнага соку каранёў. Толькі пры такіх умовах карані ўсмоктваюць глебавы раствор. Але часам у глебе ўтрымліваецца такая вялікая колькасць солей, г. зн. канцэнтрацыя глебавага раствору настолькі высокая, што расліны няздольныя паглынаць яго. Гэта мае месца на засоленых глебах (саланчакі, саланцы), якія ўтрымліваюць да 3 % лёгкарастваральных солей натрыю, калію, кальцыю і магнію. Звычайна расліны ў такіх умовах існаваць не могуць. Але ўсё ж і на такіх глебах пасяляюцца некаторыя расліны — галафіты (ад грэч. hals — соль). Для іх характэрны вельмі высокі асматычны ціск (100–150 атм), што дазваляе ім усмоктваць нават вельмі канцэнтраваны глебавы раствор. Галафіты настолькі прыстасаваны да засоленых глеб, што лічацца іх паказчыкамі (індыкатарамі).

З хімічных элементаў, якія атрымліваюць расліны з глебы, больш важнае значэнне маюць азот, фосфар і калій. Па ўтрыманні асноўных пажыўных рэчываў глебы могуць быць беднымі, сярэднімі і багатымі. Расліны, якія насяляюць гэтыя глебы, называюцца адпаведна алігатрофнымі, мезатрофнымі і эўтрофнымі. Так, *алігатрофныя расліны* (ад грэч. oligos — нямногі, нязначны і trophē — ежа) патрабуюць для свайго існавання невялікую колькасць мінеральных рэчываў і растуць на бедных падзолістых глебах, на верхавых балотах і інш. (верас, багун, хвоя звычайная). Насупраць, *эўтрофным раслінам* (ад грэч. eu — добра, поўнасцю) для існавання неабходны глебы, багатыя на пажыўныя рэчывы, гэтыя расліны ў іншых месцах не сустракаюцца (снітка звычайная, пралеснік многагадовы, губасцік, ясень звычайны, клён, дуб).

Некаторыя расліны называюцца *нітратнымі* (*нітрафілы*); яны звычайна сустракаюцца на глебах, багатых на азотныя і азоцістыя злучэнні (вольха, крапіва двухдомная, маліна, пырнік паўзучы, пшаніца, скрыпень).

Для раслін вялікае значэнне мае *кіслотнасць* глебавага асяроддзя. Кіслотнасць вызначаецца паказчыкам вадародных іонаў (pH). Пры pH 7 рэакцыя нейтральная, больш 7 — шчолачная, менш 7 — кіслая. Адны віды аддаюць перавагу кіслым глебам

(большасць балотных раслін — багун балотны, журавіны, брусніцы, чарніцы і інш.), другія — нейтральным (падбел звычайны, аўсяніца лугавая, канюшына горная, люцэрна серпападобная, баршчэўнік сібірскі, кмен звычайны), трэція — шчолачным глебам (кураслеп дуброўны, мардоўнік круглагаловы, сон раскрыты). Гэтыя расліны з'яўляюцца індыкатарамі на адпаведную кіслотнасць глебы.

Кіслотнасць глебы звязана з утрыманнем у ёй солей кальцыю. Вапняк ($CaCO_3$) нейтралізуе перагнойныя кіслоты і забяспечвае нейтральную або слабашчолачную рэакцыю глебы. Таму кальцыяфільныя расліны (г. зн. якія аддаюць перавагу кальцыю), як правіла, з'яўляюцца адначасова індыкатарамі шчолачных глеб, а кальцыяфобныя сведчаць аб глебах з павышанай кіслотнасцю. Існуе шмат раслін, якія з'яўляюцца індыкатарамі да кіслотнасці глебы і ўтрымання ў ёй солей кальцыю (ландыш майскі, пупок фарбавальны).

Глеба — важнейшая частка біясферы, у ёй адбываюцца працэсы жыццядзейнасці розных арганізмаў, бесперапынна ўтвараецца арганічнае рэчыва. Глеба з'яўляецца прыродным асяроддзем для жыцця многіх бактэрый, грыбоў, некаторых водарасцей, падземных органаў вышэйшых раслін. Пры адміранні жывыя істоты ўзбагачаюць глебу перагноем; карані і карэнішчы змацоўваюць глебу і засцерагаюць яе ад разбурэння і выветрывання; шматлікія бактэрыі і грыбы ажыццяўляюць працэсы браджэння і гніення, назапашванне азоту, перавод неабходных для жыўлення элементаў у лёгкадаступную для раслін форму.

АРАГРАФІЧНЫЯ ФАКТАРЫ

Пад арографічнымі фактарамі разумеюць рознай формы рэльеф, г. зн. сукупнасць няроўнасцей сушы, разнастайных па паходжанні і ўзросце, абрысах і памерах.

Рэльеф уплывае на расліны не непасрэдна, а ўскосна, праз змяненне іншых умоў асяроддзя — асвятлення, увільгатнення, уласцівасцей глебы і інш. Чым мацней развіты рэльеф, тым у большай меры ён уплывае на расліны. Адрозніваюць мега- і макрарэльеф, а таксама дробныя яго формы — мікра- і нанарэльеф. Прамежкавае палажэнне паміж гэтымі формамі займае мезарэльеф.

Мегарэльеф уяўляе сабой буйнейшыя формы няроўнасцей зямной паверхні: мацерыковыя выступы, упадзіны акіянаў, горныя паясы, раўніны, разломы планетарнага маштабу, адлюстраваныя ў рэльефе, якія аказваюць агульны ўплыў на клімат той ці іншай часткі Зямлі.

Макрарэльеф утвараецца пласкагор'ямі, раўнінамі, горнымі хрыбтамі, нізінамі, міжгорнымі ўпадзінамі. У горных умовах у параўнальна абмежаваных плошчах складаюцца вялікія амплітуды вышыні. Гэта вядзе да фарміравання розных кліматычных комплексаў, якім адпавядае пэўная раслiннасць. Фарміраванне горнай раслiннасці звязана з тэмпературай, асвятленнем, рэжымам ападкаў, канцэнтрацыяй вуглякіслага газу.

Мезарэльеф – гэта яры, лагчыны, даліны рэк, берагавыя валы, катлавіны, горныя цясніны і інш. Паўночныя і паўднёвыя склоны маюць розную інсаляцыю і адрозніваюцца ад гарызантальных плато. Таму яны ўтвараюць спрыяльныя ўмовы для росту больш паўночных або больш паўднёвых раслін. З павышэннем участкаў рэльефу вада сцякае ў больш нізкія, дзе складаюцца спрыяльныя ўмовы для росту вільгацелюбівых раслін.

Вада, якая сцякае са склонаў, зносіць больш урадлівыя часцінкі глебы. У паніжаных месцах змытая глеба адкладваецца. Такім чынам, на паніжаных участках рэльефу за кошт збяднення верхніх ствараюцца асабліва спрыяльныя ўмовы для мінеральнага жыўлення і ўвільгатнення. Таму структура і відавы склад раслiннасці, рэжым развіцця там і тут будуць істотна адрозніватца.

Мікрарэльеф – гэта буйныя купіны, утвораныя злакамі і асокамі, западзіны, карставыя варонкі і інш. Усё гэта складае своеасаблівыя ўмовы для існавання раслін. Прычым нават нязначнае паніжэнне, у некалькі дзесяткаў сантыметраў, ставарае ўмовы для павышэння вільгаці.

Нанарэльеф – гэта найдрабнейшыя западзіны, кратовыя кучкі, тэрмітнікі і інш. У фарміраванні нанарэльефу актыўна ўдзельнічаюць расліны (невялікія купіны, прыствольныя ўзвышэнні вакол дрэў) і жывёліны.

БІЯТЫЧНЫЯ ФАКТАРЫ

Кожная расліна існуе не ізалявана, а ў акружэнні іншых раслін, а таксама грыбоў, мікраарганізмаў і жывёлін, якія прама або ўскосна ўплываюць адно на другое.

Уплыў раслін на расліны можа ажыццяўляцца як сярод асобін розных відаў, так і аднаго і таго ж віду. Акрамя таго, адрозніваюць узаемаадносіны паміж арганізмамі, калі яны прама кантактуюць паміж сабой або не ўступаюць у прамы кантакт.

Вызначаюць некалькі тыпаў уздзеяння адных арганізмаў на другія пры прамым кантакце паміж імі: сімбіёз, паразітызм, мутуалізм, камменсалізм і інш.

Сімбіёз (ад грэч. symbiōsis – сумеснае жыццё) – цеснае сумеснае існаванне розных відаў, якое, як правіла, стала неабходным і карысным для абодвух партнёраў. Па ступені аб'яднання партнёраў і іх залежнасці паміж сабой адрозніваюць некалькі тыпаў сімбіёзу: паразітызм, каменсалізм, мутуалізм.

Пры *паразітызме* адна расліна (паразіт) цалкам існуе за кошт другой (гаспадар). Паразіт высмоктвае пажыўныя рэчывы з гаспадара і прыносіць шкоду апошняму. Да паразітаў належаць заразіха, павітуха, таемнік лускаваты. Для гэтых раслін характэрна страта хларафілу, што звязана з новым шляхам атрымання арганічных рэчываў, і яны няздольны да фотасінтэзу. Сярод раслін існуюць *паўпаразіты*, якія ўяўляюць сабой адну з формаў паразітызму. Паўпаразіты ўтрымліваюць хларафіл і фотасінтэзуюць, але пры магчымасці высмоктваюць пажыўныя рэчывы з каранёў ці сцёблаў іншых раслін з дапамогай асобных прысоскаў (амела белая, браткі, дзярэга позняя, званцы, цяцюшнікі, увярэднікі).

Мутуалізм (ад лац. mutuus – узаемны) – форма сімбіёзу, пры якой абодва арганізмы маюць карысць ад сумеснага жыцця. Партнёры ўскладаюць адзін на аднаго рэгуляцыю сваіх адносін з навакольным асяроддзем. Прыклады мутуалізму – адносіны паміж водарасцямі і грыбамі, вынікам якіх з'яўляецца ўтварэнне лішаёў, утварэнне мікарызы (грыбакораня) паміж вышэйшымі раслінамі і грыбамі, узаемаадносіны паміж вышэйшымі раслінамі сям'і струкавых і клубеньчыкавымі бактэрыямі і інш.

Мутуалізм бывае *факультатыўным (неабавязковым),* калі кожны з арганізмаў пры адсутнасці партнёра можа існаваць самастойна, і *аблігатным* (*абавязковым*), пры якім самастойнае існаванне партнёраў немагчыма.

Каменсалізм (ад лац. com – супольна, сумесна і mensa – стол, трапеза) – форма ўзаемаадносін паміж арганізмамі, калі адзін від атрымлівае карысць ад другога і не прыносіць адчувальнай шкоды апошняму. Распаўсюджаным прыкладам каменсалізму з'яўляецца пасяленне адных раслін на другіх. Пры гэтым расліны жывяцца самастойна, але адзін від выкарыстоўвае другі ў якасці месца прымацавання. Такія расліны называюцца *эпіфітамі* (імхі, лішаі). Да кватарантаў належаць таксама ліяны, якія ў якасці апоры выкарыстоўваюць сцёблы іншых раслін (віка, хмель, фасоля). Сцёблы ліян маюць слабую механічную тканку і няздольныя захоўваць вертыкальнае становішча. Большасць ліян адносіцца да святлолюбівых раслін і дзеля таго, каб размясціць сваё лісце бліжэй да святла, вымушаны ўзбірацца на іншыя расліны.

Да ліку ўздзеяння раслін на расліны можна аднесці ўзаемны ўплыў з дапамогай фізіялагічна актыўных рэчываў, якія выдзя-

ляюцца раслінамі. Расліны ў працэсе жыццядзейнасці выдзяляюць сваімі органамі, галоўным чынам лісцем, кветкамі і пладамі, розныя газападобныя злучэнні і эфірнае масла, якія актыўна прадуцыруюць хваёвыя расліны, а таксама прадстаўнікі губакветкавых, рутавых, парасоністых і іншых сем'яў. *Эфірнае масла* ўяўляе сабой часцей за ўсё розныя сумесі блізкіх злучэнняў, склад якіх залежыць ад віду і ўзросту расліны, а таксама ад спалучэння фактараў навакольнага асяроддзя. Звычайна гэта аліцыклічныя і аліфатычныя тэрпены, прадукты іх акіслення або аднаўлення (спірты, кетоны, альдэгіды).

Расліны выдзяляюць *фітанцыды*. Гэта таксама лятучыя рэчывы рознай хімічнай прыроды. Яны здольныя ўплываць на іншыя арганізмы, тармазіць развіццё іншых раслін, грыбоў, прасцейшых і некаторых насякомых, прыгнятаць і знішчаць іх. Многія з гэтых рэчываў духмяныя і прываблiваюць насякомых-апыляльнікаў. Але галоўная іх функцыя заключаецца ў падаўленні мікраарганізмаў. Фітанцыды выдзяляюць амаль усе расліны, але больш за ўсіх да гэтага здольныя часнок, цыбуля рэпчатая, хрэн звычайны, гарчыца белая, рэдзька агародная, морква пасяўная, чаромха, ядловец і інш.

Сваімі выдзяленнямі адны расліны ўплываюць на другія. Так, гарчыца белая прыгнятае беладонну, а нут — бульбу і таматы. Такія выдзяленні (рэчывы) называюцца калінамі.

Лятучыя рэчывы, што выдзяляюцца пладамі і насеннем, тармозяць прарастанне насення, затрымліваюць рост сцёблаў і каранёў. Акрамя таго, расліны прадуцыруюць стымулятары, якія паскараюць рост і развіццё раслін (аўксіны, гіберэліны і кініны).

Уплыў адных раслін на другія з дапамогай хімічных рэчываў называецца *алелапатыяй* (ад грэч. allēlōn — узаемна і phatos — пакута, уплыў).

Пры адсутнасці прамога кантакту расліны ўздзейнічаюць адна на адну не непасрэдна, а праз змяненне фізічных умоў асяроддзя. Па форме такія адносіны таксама вельмі разнастайныя. Даволі часта яны маюць выгляд канкурэнцыі (барацьбы за ўмовы існавання): за вільгаць і пажыўныя рэчывы ў глебе, за святло і інш. Пры гэтым канкурэнты неспрыяльна ўздзейнічаюць адзін на аднаго. Адрозніваюць канкурэнцыю ўнутрывідавую і міжвідавую (елка і кісліца, высокія травы і маладыя парасткі і г. д.).

На расліны таксама істотна ўплываюць жывёлы. Многія з іх з'яўляюцца агентамі апылення (насякомыя, птушкі). Яны распаўсюджваюць плады і насенне, і тым самым садзейнічаюць пашырэнню раслін.

Для некаторых раслін (напрыклад, насякомаедных) жывёлы з'яўляюцца ежай.

У выніку дзейнасці жывёлін змяняюцца ўласцівасці глебы. Утоптванне глебы рэзка мяняе яе структуру, паветраны і водны рэжым. Насупраць, земляныя чэрві разрыхляюць глебу і паляпшаюць яе аэрацыю. Жывёліны садзейнічаюць угнаенню глебы і паляпшэнню яе ўрадлівасці.

АНТРАПІЧНЫЯ ФАКТАРЫ

З даўніх часоў чалавек аказваў уплыў на расліны, які асабліва відавочна праяўляецца ў сучаснасці. Гэты ўплыў можа быць прамым і ўскосным.

Прамое ўздзеянне – гэта выпальванне лесу, яго высяканне, выкарчоўванне дрэў і кустоўя, затапленне і разворванне лугоў, вытоптванне, выпас жывёлы, сенакашэнне, збор пладоў, насення і кветак і г. д. У большасці выпадкаў такая дзейнасць адмоўна адбіваецца на раслінах і раслінных супольніцтвах. Колькасць некаторых відаў рэзка скарачаецца, асобныя цалкам знікаюць. Адбываецца істотная перабудова раслінных супольніцтваў і нават змена аднаго супольніцтва другім. Напрыклад, высяканне лесу не толькі адмоўна сказваецца на драўнянай расліннасці, але і карэнным чынам змяняе магчымасць існавання раслін ніжэйшых лясных ярусаў, якія, як правіла, з'яўляюцца ценявымі.

Чалавек змяняе геаграфічнае пашырэнне раслін. Шмат якія культурныя расліны ў наш час культывуюцца далёка за межамі іх прыродных арэалаў. Акрамя таго, чалавек нярэдка несвядома садзейнічае распаўсюджванню многіх раслін, у першую чаргу пустазелля, пераносячы насенне і плады часта на вялікія адлегласці пры дапамозе транспарту, з пасяўным матэрыялам, з зернем і мноствам іншых спосабаў.

Чалавек стварае новыя гатункі раслін. Першапачаткова гэты працэс быў несвядомым і стыхійным. У наш час задача стварэння новых раслінных формаў, каштоўных у гаспадарчых адносінах, з'яўляецца адной з больш важных задач не толькі сельскагаспадарчай практыкі, але і біялагічнай навукі наогул.

Не меншае значэнне мае ўскоснае ўздеянне чалавека на раслінны покрыў. Яно праяўляецца ў змяненні ўмоў існавання раслін.

Часцей за ўсё гэта змяненне фізічных і хімічных уласцівасцей глебы ў выніку накіраваных агратэхнічных мерапрыемстваў, змяненне ўвільгатнення, узнікненне рудэральных (смеццевых) месц пражывання, адвалаў.

Адмоўны ўплыў на жыццё раслін аказвае забруджванне атмасферы, глебы, вады прамысловымі адходамі, знішчэнне карысных насякомых і птушак пры бескантрольным выкарыстанні ядахімікатаў.

Такім чынам, чалавек істотна ўплывае на расліны, у сувязі з чым адной з галоўных задач сучаснай экалогіі з'яўляецца прагноз вынікаў антрапічных уздзеянняў на экасістэмы.

ЖЫЦЦЁВЫЯ ФОРМЫ

У працэсе гістарычнага развіцця пад уплывам сукупнасці экалагічных фактараў у раслін выпрацоўваецца пэўнае аблічча, пэўная фізіялогія і рытміка развіцця, г. зн. пэўная жыццёвая форма. Інакш кажучы, жыццёвая форма ёсць вынік працяглага прыстасавання раслін да дадзеных умоў існавання, якія адлюстраваны ў іх будове.

Тэрмін «жыццёвая форма» быў уведзены ў канцы XIX ст. дацкім батанікам І. Вармінгам (1841–1924) – адным з заснавальнікаў экалогіі раслін.

У цяперашні час яшчэ не існуе адзінай агульнапрынятай класіфікацыі жыццёвых формаў.

І. Г. Серабракоў (1962) прапанаваў класіфікацыю жыццёвых формаў, якая заснаваная на знешнім выглядзе раслін, працягласці іх жыцця і жыцця асобных шкілетных восей (так званая фізіялагічная класіфікацыя). Згодна з гэтай класіфікацыяй, выдзяляюць наступныя жыццёвыя формы: дрэвы, кустоўе, кусцікі, паўхмызняк, травы, расліны-падушкі, сукуленты, ліяны.

Дрэвы характарызуюцца ўтварэннем добра выражанага галоўнага ствала, які расце больш інтэнсіўна, чым астатнія парасткі, захоўвае больш-менш вертыкальны напрамак росту. Сярод іх выдзяляюць дрэвы першай велічыні, вышыня якіх складае 25–40 м (дуб, елка, ліпа, хвоя); другой велічыні – з вышынёй ад 15 да 25 м (груша, рабіна, чаромха); трэцяй велічыні – ад 7 да 15 м (клён татарскі, яблыня) і нізкія дрэвы (2–7 м). Працягласць жыцця дрэў ад некалькіх дзесяткаў да некалькіх сотняў і нават тысяч гадоў.

Кустоўе мае драўняныя надземныя часткі, але галоўны ствол адсутнічае або выражаны слаба, і галінаванне пачынаецца амаль каля самай глебы, таму ўтвараецца некалькі больш-менш аднолькавых стволікаў. Па меры адмірання ў цэнтры куста галоўнага стволіка і бліжэйшых да яго даччыных утвараюцца новыя – на перыферыі. Працягласць жыцця кустоўя – да некалькіх сотняў гадоў, але кожны асобны стволік жыве не больш як 10–60

(маліна – да 2 гадоў, жоўтая акацыя і бэз – да 60 гадоў). Вышыня кустоў не перавышае 4–6 м (агрэст, ляшчына, парэчкі, пузыраплоднік каліналісты, рабіннік рабіналісты, чаромха).

Кусцікі характарызуюцца тымі ж асаблівасцямі, што і кустоўе, але яны больш нізкарослыя і маюць меншую працягласць жыцця шкілетных восей (буякі, брусніцы, журавіны, чарніцы).

Паўкустоўе (паўхмызняк) мае парасткі, якія ў ніжняй частцы з'яўляюцца многагадовымі і акаркоўваюцца, а ў верхняй з'яўляюцца аднагадовымі і восенню адміраюць (палын, паслён салодка-горкі, піжма).

Травяністыя расліны характарызуюцца тым, што іх сцёблы не адраўняюцца і надземныя часткі іх, як правіла, адміраюць у канцы вегетацыйнага перыяду.

Адрозніваюць многагадовыя, двухгадовыя і аднагадовыя травы.

У *многагадовых травяністых раслін* надземныя парасткі жывуць адзін вегетацыйны сезон і пасля цвіцення і пладанашэння адміраюць. На падземных органах (карэнішчы, карані, цыбуліны і інш.) фарміруюцца зімуючыя пупышкі, з якіх аднаўляюцца надземныя парасткі (асот, дзьмухавец, купена лекавая, ландыш майскі, падбел, пырнік, снітка, трыпутнік і інш.). Сярод многагадовых травяністых раслін адрозніваюць вечназялёныя, у якіх лісце жыве больш за 1 год (крынічнік, грушанка, падалешнік), зімнезялёныя (гарлянка паўзачая) і летнезялёныя.

Двухгадовыя расліны заканчваюць свой жыццёвы цыкл у два вегетацыйныя перыяды. У першы год звычайна ўтвараецца разетка лісця і фарміруюцца падземныя органы, у якіх адкладваюцца запасныя пажыўныя рэчывы. На другі год развіваецца кветаносны парастак, адбываецца цвіценне і пладанашэнне (лопух, морква, буракі, капуста, рэдзька).

У *аднагадовых раслін* развіццё ад насення да насення адбываецца на працягу аднаго года. Пасля ўтварэння насення расліна цалкам адмірае.

Аднагадовыя травы могуць быць яравымі і азімымі, прычым многія віды маюць як яравыя, так і азімыя формы. У яравых формаў жыццёвы цыкл пачынаецца і заканчваецца на працягу аднаго вегетацыйнага перыяду (яравая пшаніца, гарох, фасоля, братаўка, лебяда, торбачнік, званец і інш.). У азімых раслін цыкл развіцця пачынаецца ў канцы аднаго вегетацыйнага перыяду і заканчваецца пасля зімоўкі ў сярэдзіне другога. Да азімых адносяцца азімая пшаніца, жыта, васілёк, стрэлкі.

Асаблівую групу жыццёвых формаў раслін складаюць расліны-падушкі, сукуленты і ліяны.

Расліны-падушкі – прыземістыя формы ў выглядзе шчыльных падушак або шароў. Парасткі, што нясуць лісце, многагадовыя, а кветкі – аднагадовыя.

Сукуленты – расліны з патоўшчанымі, сакавітымі сцёбламі (кактусы) або лісцем (скочкі, расходнік).

Ліяны – расліны, якія маюць доўгае сцябло (дравяністае або травяністае), якое для ўтрымання патрабуе апоры (бярозка, хмель). Гэтая жыццёвая форма памагае расліне пераадолець недахоп сонечнага святла.

Класіфікацыя жыццёвых формаў можа быць заснавана на ўліку рэакцый раслін на знешнія ўмовы. Так, даволі вядомая і папулярная класіфікацыя дацкага батаніка К. Раункіера адлюстроўвае прыстасаванні раслін да перанясення неспрыяльнага перыяду года (халоднага або сухога).

Для класіфікацыі жыццёвых формаў К. Раункіер выкарыстаў такія прыкметы, як палажэнне пупышак аднаўлення (пупышкі, што даюць пачатак новым прыростам парасткаў у драўняных і травяністых раслін) на расліне ў адносінах да ўзроўню глебы і снежнага покрыва і іх ахова ад холаду зімой, ад жары і сухасці летам.

На аснове гэтых прыкмет К. Раункіер падзяліў жыццёвыя формы раслін на пяць тыпаў.

1. Фанерафіты (ад грэч. phaneros – яўны, phyton – расліна) – расліны, у якіх пупышкі зімуюць або пераносяць засушлівы перыяд высока над зямлёй. Гэта дрэвы і кустоўе.

Парасткі іх не адміраюць на неспрыяльны перыяд года. У фанерафітаў умераных шырот пупышкі пакрытыя лускамі, якія ахоўваюць унутраныя часткі іх ад высыхання і холаду. Фанерафіты тропікаў не маюць пупышкавых лусак. Сярод іх ёсць лістападобныя і вечназялёныя формы, эпіфіты і інш. Фанерафіты характэрны для цёплых і ўмераных зон; у высокіх шыротах яны прадстаўлены нязначнай колькасцю відаў.

Да гэтай групы адносяцца такія расліны, як бяроза, дуб, ліпа, арэх лясны, бружмель, брызгліна, бэз, бузіна і інш.

2. Хамефіты (ад грэч. chamai – на зямлі) – расліны, у якіх пупышкі аднаўлення размешчаны над глебай, але не вышэй 20–30 см. Да іх адносяцца нізкарослыя кусцікі, паўкустоўе, сцелістыя травяністыя расліны. Парасткі хамефітаў на неспрыяльны перыяд года не адміраюць або адміраюць толькі іх верхнія часткі. Парасткі або ляжачыя, або надта нізкарослыя, у выніку чаго іх конусы нарастання прыкрытыя рэшткамі адмерлых частак раслін, скучанымі парасткамі, як у раслін-падушак. Ва ўмераным

і халодным клімаце пупышкі шмат якіх хамефітаў зімуюць пад снегам і тым самым атрымліваюць дадатковую ахову.

Такім чынам, хамефіты лепей прыстасаваны да перазімоўкі, чым фанерафіты.

Гэтая жыццёвая форма характэрная для такіх раслін, як брусніцы, журавіны, чарніцы, барвёнак малы, каменяломнік, крупка, крынічнік лекавы, лінея паўночная, расходнік.

3. Гемікрыптафіты (ад грэч. hēmi — напалову і kryptos — скрыты) — гэта звычайна травяністыя многагадовыя расліны, пупышкі аднаўлення якіх знаходзяцца на ўзроўні глебы або неглыбока апушчаны ў глебу, галоўным чынам у ліставы падсціл. У гэтых раслін на неспрыяльны перыяд года надземныя часткі адміраюць амаль да асновы. Конусы нарастання іх, такім чынам, прыкрыты падсцілам, а зімой — снегам, у выніку чаго гемікрыптафіты добра пераносяць вельмі суровыя зімы.

Гемікрыптафіты падзяляюцца на тры падтыпы:

а) расліны без разетак — іх надземныя сцёблы на неспрыяльны перыяд года цалкам адміраюць. Пупышкі аднаўлення знаходзяцца ў аснове сцябла (як, напрыклад, у скрыпеня горнага, залозніцы шышкаватай, у відаў святаянніку і інш.) або размяшчаюцца на канцах бакавых парасткаў, як у крапівы двухдомнай, чысціка ляснога і інш. А ў такіх раслін, як сачавічнік вясенні, ланіца звычайная і іншых, пупышкі прыкрытыя тонкім пластом глебы;

б) расліны паўразетачныя. Самае буйное лісце гэтых раслін размяшчаецца на моцна пакарочаных ніжніх міжвузеллях. Некаторыя ніжнія лісты нават зімуюць на неадмерлай частцы сцябла. Зімуючыя пупышкі знаходзяцца паміж лісцем, што ўтварае разетку, як, напрыклад, у казяльцу едкага, панікніцы гарадской, званочка круглалістага і іншых; размяшчаюцца яны і на канцах надземных парасткаў, як у гарлянкі паўзучай, казяльца паўзучага і іншых, або на падземных бакавых парастках, як у сніткі звычайнай;

в) расліны разетачныя, з пакарочанымі парасткамі, здольныя перазімоўваць на ўзроўні глебы цалкам. Перад перазімоўкай, як правіла, вось разетачнага парастка ўцягваецца ў глебу да пупышкі, якая застаецца на паверхні (дзьмухавец, трыпутнік).

4. Крыптафіты (ад грэч. kryptos — скрыты) — расліны, у якіх пупышкі аднаўлення размешчаны на падземных органах, што знаходзяцца ў глебе на глыбіні ад аднаго да некалькіх сантыметраў (геафіты — ад gē — Зямля), або у вадзе (гідрафіты, гелафіты). На зіму ў гэтых раслін адміраюць не толькі надземныя органы, але і частка падземных.

Геафіты пераносяць неспрыяльны перыяд года ў выглядзе карэнішчаў (грушанкі, кураслеп, купена, ландыш майскі, майнік, мудранка і інш.); цыбулін (віды роду цыбуля, цюльпан, гусіная цыбуля); сцяблoвых клубняў (бульба, мякатніца, чубатка); каранёвых клубняў (вятроўнік, чараўнік, ядрушка, ятрышнікі).

У падземных органах прыведзеных вышэй раслін назапашваецца шмат пажыўных рэчываў, да пачатку вегетацыйнага перыяду іх пупышкі цалкам фарміруюцца, хутка пачынаюць расці, і расліны рана зацвітаюць і пладаносяць. Геафіты, што распаўсюджаны ў лясах, зацвітаюць звычайна да з'яўлення лісця ў драўняных раслін.

Да падтыпу *гідрафітаў* адносяцца расліны, што жывуць у вадзе. Іх пупышкі перажываюць неспрыяльны перыяд года на дне адносна мелкіх вадаёмаў або ва ўзважаным стане ў вадзе. Да іх адносяцца гарлачык белы, гарлачык жоўты, урэчнікі і іншыя водныя расліны.

Гелафіты (ад грэч. helos – балота) уключаюць віды, што растуць на глебе, якая вельмі насычана вадой, або у вадзе, але надземныя часткі іх узвышаюцца над вадой. Гэта такія расліны, як аер звычайны, стрэлкаліст звычайны, пухоўка, шальнік і інш.

5. Тэрафіты (ад грэч. theros – лета) – асобая група. Гэта аднагадовыя расліны, у якіх усе вегетатыўныя органы адміраюць да канца вегетацыйнага сезона і зімуючых пупышак не застаецца. Гэтыя расліны аднаўляюцца на наступны год з насення, якое перазімоўвае ці пераносіць сухі перыяд у глебе або на яе паверхні (аднагадовыя злакі, грэчка, мак самасеў і інш.).

Прыведзеныя вышэй жыццёвыя формы – катэгорыі вельмі буйныя, зборныя. Іх выкарыстоўваюць для высвятлення ўзаемасувязі жыццёвых формаў раслін і клімату пэўных тэрыторый зямлі. Так, выяўлена, што для трапічнай зоны характэрны пераважна драўняныя фанерафіты; гемікрыптафіты больш характэрны для ўмеранага клімату; хамефіты аказаліся масавай групай у арктычнай зоне і пустынях, што, дарэчы, сведчыць аб іх неаднастайнасці; крыптафіты і тэрафіты – пануючая група ў жаркім і сухім клімаце.

ФІТАЦЭНОЗ ЯК ЭЛЕМЕНТ БІЯГЕАЦЭНОЗАЎ

Расліны рэдка сустракаюцца ў прыродных умовах ізалявана, асобнымі экземплярамі. Гэта мае месца толькі пры засяленні якой-небудзь свабоднай ад раслін тэрыторыі, напрыклад на пясчаных водмелях рэк. Як правіла, расліны ўтвараюць зараснікі,

супольніцтвы. У такіх супольніцтвах больш або менш моцна праяўляецца ўплыў раслін адна на другую.

Са старажытных часоў чалавеку знаёмы такія супольніцтвы раслін, як лес, луг, балота, возера і інш. Вядома таксама прымеркаванасць пэўных раслін да лясоў, лугоў, балот, вадаёмаў і інш. Напрыклад, журавіны растуць толькі на балоце, у той час як лугавыя расліны там існаваць не могуць. Такім чынам, падбор раслін у супольніцтве падпарадкоўваецца пэўным заканамернасцям. У сходных умовах існавання сустракаюцца падобныя раслінныя супольніцтвы. Сукупнасць раслінных супольніцтваў якой-небудзь тэрыторыі ўтварае расліннасць гэтай тэрыторыі. Раслінныя супольніцтвы называюцца фітацэнозамі (грэч. phyton – расліна, koinos – сумесна, разам).

Па азначэнні У. М. Сукачова (1880–1967), *фітацэноз* – гэта «сукупнасць раслін, якія растуць сумесна на адной тэрыторыі, што характарызуецца пэўным саставам, будовай, складаннем і ўзаемаадносінамі раслін як адна з другой, так і з умовамі асяроддзя. Характар гэтых узаемаадносін вызначаецца, з аднаго боку, жыццёвымі, экалагічнымі ўласцівасцямі раслін, а з другога – уласцівасцямі месцапражывання, г. зн. характарам клімату, глебы, уплывам чалавека і жывёлін».

Расліннае супольніцтва ўяўляе сабой узаемадзеючы комплекс раслін, якія знаходзяцца ў складаных і разнастайных узаемаадносінах. Тут шырока прадстаўлены ўсе тыпы біятычных сувязяў, ад узаемакарысных да ўзаемашкодных, як паміж рознымі відамі, так і паміж асобінамі аднаго і таго ж віду. Пры сумесным пражыванні расліны прыстасоўваюцца да ўплыву суседзяў, і гэтыя адаптацыі праяўляюцца ў арганізмаў шэрагам прыкмет: анатама-марфалагічнай будовай, фізіялогіяй, тэрмінамі актыўнасці, жыццёвым станам, прадукцыйнасцю і г. д.

Як правіла, расліны, што растуць у супольніцтвах, маюць іншы знешні выгляд, чым расліны, якія жывуць паасобку. Напрыклад, у лесе дрэвы маюць высокія і тонкія ствалы, ніжнія галіны ў іх, як правіла, рана адміраюць і ападаюць. Жывая крона займае верхавінную частку дрэва, высока выносіцца над паверхняй зямлі. Падобныя адрозненні назіраюцца і ў травяністых раслін. Экземпляры, якія жывуць у супольніцтве, звычайна не бываюць такімі вялікімі, кусцістымі, як тыя, што растуць асобна; часта ў супольніцтве ў раслін развіваецца меней кветаносных парасткаў.

Ад узаемаадносін, якія ўзнікаюць паміж раслінамі, залежаць складанне і развіццё раслінных супольніцтваў, іх відавы састаў, колькасныя адносіны паміж відамі, іх спалучанасць.

Фларыстычны комплекс фітацэнозу развіваецца на аснове пэўных умоў існавання ў кожным канкрэтным месцы і ў шмат чым залежыць ад іх. У той жа час, чэрпаючы сродкі жыцця з навакольнага асяроддзя, фітацэнозы самі вельмі моцна ўплываюць на яго і ствараюць непаўторнае ў іншых умовах асяроддзе жыцця — *фітаасяроддзе*. Па гэтых важных прыкметах — узаемаўплыву арганізмаў і асобаму ўнутранаму асяроддзю (фітаасяроддзю) — да фітацэнозаў адносяць штучныя, створаныя чалавекам супольніцтвы *(аграфітацэнозы)*, такія як поле, сад, парк, а не толькі тыя фларыстычныя комплексы, што развіваліся ў прыродных умовах.

Любы фітацэноз заўсёды населены жывёлінамі. У ім жывёліны будуюць жыллё, знаходзяць ежу, размнажаюцца. Тут жа, у раслінным супольніцтве, адбываецца разбурэнне рэчываў, што выдзяляюць жывёліны, трупаў. Жывёліны настолькі арганічна ўключаюцца ў жыццё супольніцтва, што апошняе без іх практычна існаваць не можа.

Кожнае расліннае супольніцтва, як прыроднае, так і штучнае, звычайна мае больш-менш пэўны набор відаў жывёлін, які фарміруецца ў адпаведнасці з умовамі жыцця ў ім і саставам відаў раслін. Разам з раслінамі і жывёлінамі ў супольніцтве існуюць мікраарганізмы і грыбы. Такая сукупнасць раслін, жывёлін, грыбоў і мікраарганізмаў і ўмоў навакольнага асяроддзя на пэўнай тэрыторыі называецца *біягеацэнозам*. Структурную арганізацыю біягеацэнозаў даследаваў У. М. Сукачоў. Гэтай жа праблематыцы прысвечаны працы М. В. Дылеса, В. В. Мазінга і інш.

У. М. Сукачоў даў наступнае вызначэнне біягеацэнозу: «Біягеацэноз — гэта сукупнасць на пэўнай працягласці зямной паверхні аднародных прыродных з'яў (атмасферы, горнай пароды, расліннасці, жывёльнага свету і свету мікраарганізмаў, глебы і гідралагічных умоў), якая мае сваю, асаблівую спецыфіку ўзаемадзеяння гэтых кампанентаў, што яе складаюць, і пэўны тып абмена рэчывам і энергіяй іх паміж сабой і з іншымі з'явамі прыроды і якая ўяўляе сабою ўнутранае супярэчнае дыялектычнае адзінства, што знаходзіцца ў пастаянным руху, развіцці».

Разам з паняццем «біягеацэноз» у навуковай літаратуры сустракаецца тэрмін «экасістэма», які ўвёў у 1935 г. англійскі геабатанік А. Тэнслі. Гэта даволі блізкія тэрміны, але не адно і тое ж. *Экасістэма* — безразмернае паняцце, якое не абмежавана пэўнай тэрыторыяй. Біягеацэноз жа, згодна з паняццем У. М. Сукачова, мае пэўныя аб'ём і межы. Гэта азначае, што біягеацэноз — паняцце тэрытарыяльнае, якое адносіцца да пэўных участкаў сушы, занятых пэўнымі адзінкамі расліннага покрыва — фітацэнозамі.

Біягеацэноз — біяўскосная сістэма, якая складаецца з ускосных кампанентаў — біятопа (умовы жыцця) і арганізмаў, што ўтвараюць біяцэноз.

Біятоп (ад грэч. bios — жыццё і topos — месца) — месцапражыванне, якое, з аднаго боку, уключае кліматоп, эдафатоп, а з другога — уплыў жывых арганізмаў (асяроддзеўтваральная роля жывых арганізмаў). Кліматоп (комплекс кліматычных экалагічных фактараў) і эдафатоп (глебава-грунтовыя ўмовы) у сукупнасці ўтвараюць *экатоп*.

Месцапражыванне служыць для арганізмаў біягеацэнозу крыніцай сродкаў жыцця (мінеральных солей, вільгаці, вуглякіслага газу, кіслароду, энергіі і г. д.), у яго яны выдзяляюць прадукты сваёй жыццядзейнасці (лісцевы апад, арганічныя кіслоты, вільгаць, газы і інш.). Пры паглынанні адных рэчываў і выдзяленні другіх насельніцтва біягеацэнозу змяняе навакольнае асяроддзе і ўтварае па сутнасці асобае асяроддзе жыцця ўнутры супольніцтва, якое заўсёды адрозніваецца ад умоў тэрыторый, не занятых жывымі арганізмамі. Гэтым паняцце «месцапражыванне» адрозніваецца ад паняцця «месцапалажэнне». Апошняе азначае толькі палажэнне біягеацэнозу ў прасторы, г. зн. яго геаграфічныя і тапаграфічныя каардынаты.

Біяцэноз — гэта сукупнасць арганізмаў розных відаў раслін, жывёлін і мікраарганізмаў, якія насяляюць пэўны біятоп. Усе арганізмы біяцэнозу цесна звязаны паміж сабой рознымі біятычнымі сувязямі.

Прыстасаванасць членаў біяцэнозу да сумеснага жыцця выяўляецца ў пэўным падабенстве патрабаванняў да самых важных абіятычных умоў асяроддзя і ў заканамерных адносінах адзін да аднаго.

Маштабы біяцэнатычных груповак арганізмаў вельмі розныя: ад супольніцтваў падушак лішаёў на ствалах дрэў або насельніцтва старога пня да насельніцтва цэлых ландшафтаў — лясоў, стэпаў, пустынь і г. д.

Даволі часта тэрмін «біяцэноз» выкарыстоўваецца для пазначэння насельніцтва тэрытарыяльных участкаў, якія на сушы выдзяляюць па адноснай аднароднай расліннасці, напрыклад біяцэноз ельніку-кіслічніку, сухадольнага лугу, хвойніку-зялёнамошніку, пшанічнага поля і г. д. Пры гэтым маецца на ўвазе ўся сукупнасць жывых істот — раслін (фітацэноз), жывёлін (заацэноз), мікраарганізмаў, грыбоў і пратыстаў (мікробацэноз).

У адносінах да больш дробных супольніцтваў (насельніцтва ствалоў або лісця дрэў, мохавых купін на балоце, старых пнёў і інш.) выкарыстоўваюцца разнастайныя тэрміны: «мікрасуполь-

ніцтвы», «біяцэнатычныя групоўкі», «біяцэнатычны комплекс» і інш. Прынцыповай розніцы паміж біяцэнатычнымі групоўкамі розных маштабаў няма. Больш дробныя супольніцтвы ўваходзяць састаўной часткай, хоць адносна і аўтаномнай, у больш буйныя, а тыя ў сваю чаргу з'яўляюцца часткамі супольніцтваў яшчэ буйнейшых маштабаў. Напрыклад, насельніцтва імховых і лішаёвых падушак на ствалах дрэў – гэта частка больш буйнога супольніцтва арганізмаў, звязанага з дадзеным дрэвам, якое ўключае яго падкаравых і наствольных жыхароў, насяленне кроны, каранёў. У сваю чаргу гэтая групоўка – частка жывых арганізмаўляснога біяцэнозу.

У структуры любога біягеацэнозу заўсёды можна вылучыць чатыры звяны:

1) абіятычнае асяроддзе, г. зн. увесь комплекс фактараў нежывой прыроды, з якога біяцэноз чэрпае сродкі жыцця і куды выдзяляе прадукты абмену рэчываў;

2) комплекс зялёных раслін, якія забяспечваюць арганічным рэчывам (такім чынам, і энергіяй) усё насельніцтва, што тут пражывае. Гэта *прадуцэнты* (ад лац. prodycens – які робіць, ствараe), або *ўтваральнікі*. Да ўтваральнікаў, акрамя зялёных раслін, адносяцца фотатрофныя і хематрофныя бактэрыі і фітатрофныя пратысты;

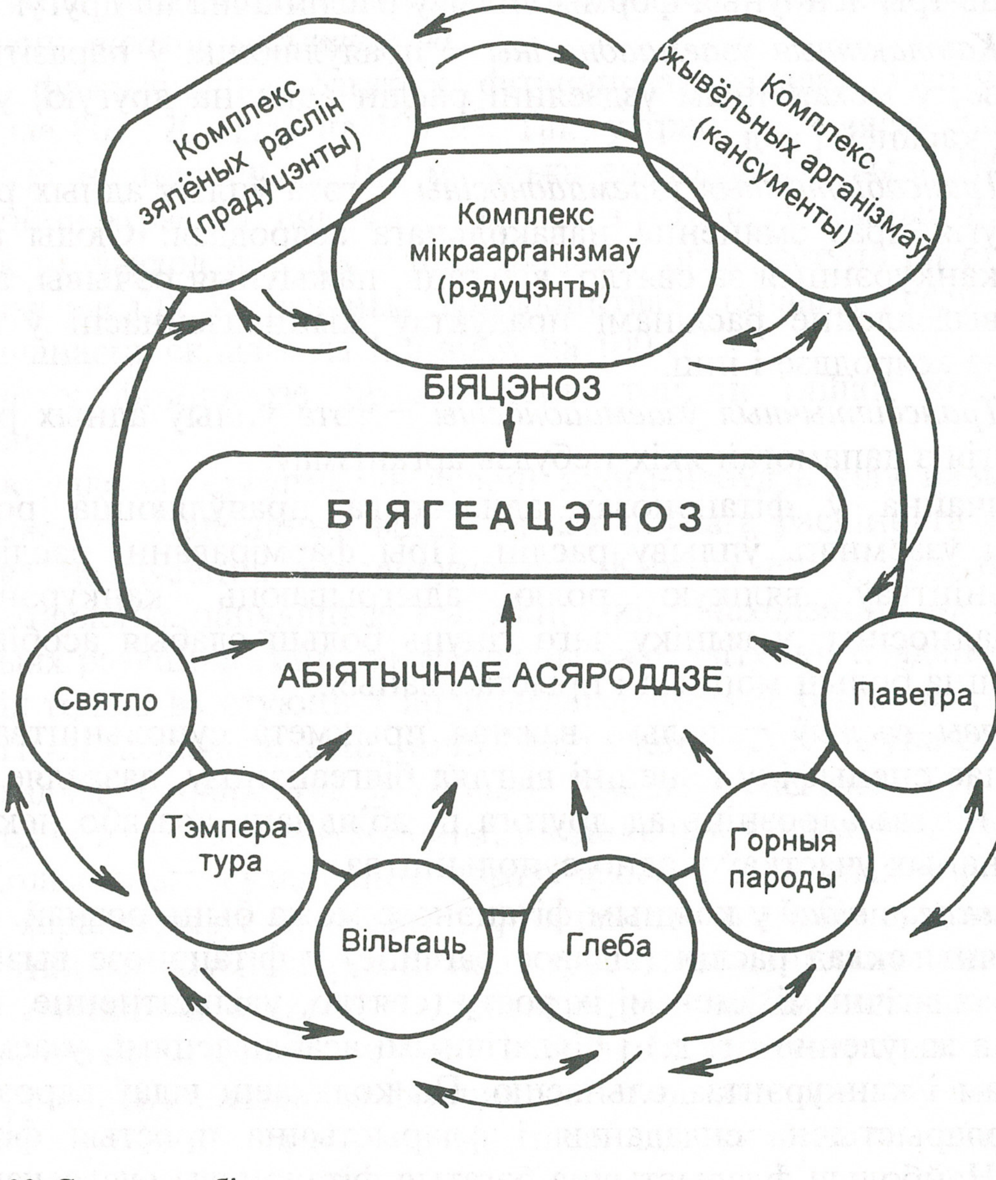
3) комплекс разнастайных арганізмаў, якія жывуць за кошт пажыўных рэчываў, што стварылі прадуцэнты. Гэта *кансументы* (ад лац. consumo – спажываю), або *спажыўцы*. Да спажыўцоў адносяцца жывёліны і грыбы;

4) комплекс арганізмаў, якія раскладваюць арганічныя рэчывы да мінеральных. Гэта *рэдуцэнты* (ад лац. reducens – вяртаць, аднаўляць), або *раскладвальнікі*, або *дэструктары*. Гэтая група прадстаўлена бактэрыямі, грыбамі і пратыстамі.

Паміж усімі чатырма звёнамі існуе цесная ўзаемасувязь (рыс. 103). Усе працэсы жыццядзейнасці арганізмаў у біягеацэнозе працякаюць на фоне ўзаемадзеяння з навакольным асяроддзем. Сюды ўключаюцца спажыванне рэчываў з глебы, паветра, акумуляцыя сонечнай энергіі і вяртанне рэчываў з жывых арганізмаў у абіятычнае асяроддзе. Складаны працэс узаемадзеяння арганізмаў і асяроддзя працякае ў форме біялагічнага кругавароту з рознай хуткасцю і пры ўдзеле розных кампанентаў у розных экасістэмах. Але ўсюды асновай біятычнага кругавароту з'яўляецца працэс аўтатрофнага біясінтэзу. Нягледзячы на тое, што толькі 0,1–0,2 % сонечнай энергіі, якая трапляе на нашу планету, ідзе на ўтварэнне арганічнага рэчыва, яе колькасці дастаткова для забеспячэння каласальных працэсаў утварэння жывога рэчы-

ва на Зямлі, што дае магчымасць існаваць жывым істотам на нашай планеце.

Функцыянальная значнасць жывых арганізмаў як кампанентаў біягеацэнозу розная і своеасаблівая; роля кожнага звяна важная, але вядучае месца, якое вызначае сутнасць кожнага біягеацэнозу, належыць раслінам. Дзякуючы нерухомасці расліны абумоўліваюць увесь характар біягеацэнозу: яго асаблівыя рысы, адносна пастаянную структуру, межы. Фітацэноз значна ўплывае на атмасферу, глебу, вызначае відавы састаў жывёлін, грыбоў і мікраарганізмаў, а таксама шматлікія асаблівасці матэрыяльна-энергетычнага абмену ў біягеацэнозе.



Рыс. 103. Структура біягеацэнозу

Межы біягеацэнозу ў гарызантальным накірунку вызначаюцца межамі фітацэнозу, характэрнага для яго, у вертыкальным — вышынёй надземных органаў фотасінтэзуючых раслін і глыбінёй

пранікненне іх падземных органаў. У той жа час характэрныя асаблівасці кругавароту рэчываў і плыні энергіі ў біягеацэнозе вызначаюцца перш за ўсё кансументамі і рэдуцэнтамі, ад іх шмат у чым залежаць умовы асяроддзя і магчымасці існавання саміх прадуцэнтаў на той ці іншай тэрыторыі. Кожная з гэтых груп жывых істот у біягеацэнозе прадстаўлена вялікай колькасцю ўзаемадзеючых відаў.

Састаў фітацэнозу. Фітацэнозы ўяўляюць вынік працяглага адбору відаў раслін, якія ў працэсе ўзаемадзеяння паміж сабой і іншымі кампанентамі біяцэнозу прыстасаваліся да пэўных экалагічных умоў. У выніку сумеснага пражывання ў фітацэнозе ўсталёўваюцца пэўныя ўзаемаадносіны паміж відамі. Адрозніваюць тры асноўныя формы ўплыву раслін адна на другую.

1. Кантактныя ўзаемаадносіны – праяўляюцца ў паразітызме, сімбіёзе, у механічным уздзеянні раслін адна на другую, у зрастанні каранёў і г. д.

2. Трансабіятычныя ўзаемаадносіны – гэта ўплыў адных раслін на другія праз змяненне навакольнага асяроддзя. Сюды адносіцца канкурэнцыя за святло, вільгаць, пажыўныя рэчывы, а таксама выдзяленне раслінамі прадуктаў жыццядзейнасці ў навакольнае асяроддзе і інш.

3. Трансбіятычныя ўзаемаадносіны – гэта ўплыў адных раслін на другія з дапамогай якіх-небудзь арганізмаў.

Звычайна ў фітацэнозах адначасова праяўляюцца розныя формы ўзаемнага ўплыву раслін. Пры фарміраванні раслінных супольніцтваў вялікую ролю адыгрываюць канкурэнтныя ўзаемаадносіны, у выніку чаго гінуць больш слабыя асобіны, а застаюцца больш моцныя і прыстасаваныя.

Відавы састаў – вельмі важная прыкмета супольніцтва. Ён вызначае спецыфіку і знешні выгляд біягеацэнозу, дазваляе адно супольніцтва адрозніць ад другога ці аб'яднаць два або некалькі раз'яднаных участкаў у адно супольніцтва.

Колькасць відаў у кожным фітацэнозе можа быць рознай. Фларыстычны склад раслін (відавое багацце) у фітацэнозе вызначаецца экалагічнымі ўмовамі іх росту (святло, увільгатненне, мінеральнае жыўленне і г. д.) і біялагічнымі асаблівасцямі, узаемным уплывам і канкурэнтаздольнасцю. Па колькасці відаў адрозніваюць фларыстычна складаныя і фларыстычна простыя фітацэнозы. Найбольш фларыстычна багатыя фітацэнозы сустракаюцца там, дзе ёсць умовы, спрыяльныя для шмат якіх відаў, дзе канкурэнтныя ўзаемаадносіны паміж відамі дазваляюць сумесна існаваць вялікай колькасці відаў. Прыкладамі фларыстычна складаных з'яўляюцца фітацэнозы вільготных трапічных лясоў, суб-

трапічных лясоў, стэпавых і лясных лугоў. Напрыклад, у лясах Шры Ланкі толькі драўняных відаў налічваецца каля 1500, а ў лясах Амазонкі – нават 2500.

Прыкладамі фларыстычна бедных фітацэнозаў з'яўляюцца цёмныя яловыя і букавыя лясы, у склад якіх уваходзіць не больш 10 відаў кветкавых раслін.

Фітацэнозы, якія складаюцца з аднаго ці з двух відаў раслін, у прыродзе сустракаюцца вельмі рэдка. Аднавідавыя фітацэнозы, як правіла, утвараюць толькі ніжэйшыя расліны; вышэйшыя расліны такіх фітацэнозаў не ўтвараюць, паколькі ім заўсёды спадарожнічаюць ніжэйшыя расліны.

Колькасць відаў, што сустракаюцца ў дадзеным супольніцтве на пэўнай адзінцы плошчы (на 1 $м^2$, на 10 $м^2$ або на 100 $м^2$), называюць *відавой насычанасцю*.

У фларыстычна багатых фітацэнозах відавая насычанасць складае 80–120 відаў на 100 $м^2$. Так, у трапічных лясах Заходняй Афрыкі на плошчы ў 100 $м^2$ можа знаходзіцца звыш 100 відаў вышэйшых раслін, сярод якіх дрэвы, кустоўе, наземныя травы. У іх лік не ўваходзяць шматлікія эпіфіты, што растуць на ствалах і галінах раслін. У травяных супольніцтвах стэпавых лугоў відавая насычанасць складае да 120 відаў на 100 $м^2$.

Від у фітацэнозе прадстаўлены той ці іншай колькасцю асобін.

Як вядома, сукупнасць асобін якога-небудзь віду называюць *папуляцыяй*. Папуляцыя віду ў межах пэўнага расліннага супольніцтва называецца *цэнапапуляцыяй*. Кожны від у супольніцтве прадстаўлены папуляцыямі асобін, якія знаходзяцца на розных стадыях развіцця. Адны экземпляры ўжо цвітуць і пладаносяць, а другія толькі вегетуюць. Сярод апошніх могуць быць тыя, што не дасягнулі палаваспеласці, хоць і дастаткова вегетатыўна развітыя, і маладыя, і парасткі, а таксама ўсходы і насенне. Тут могуць знаходзіцца і старэчыя асобіны, няздольныя ўтвараць плады.

Колькасныя суадносіны паміж асобінамі розных узроставых груп характарызуе стан віду ў фітацэнозе, яго жыццяздольнасць. Па гэтай прыкмеце адрозніваюць тры тыпы цэнапапуляцый.

1. Інвазійныя папуляцыі – складаюцца з асобін, якія знаходзяцца на стадыі насення, усходаў і маладых вегетуючых асобін. Гэтыя расліны ў дадзеным фітацэнозе не праходзяць поўнага жыццёвага цыкла ў выніку таго, што від укараніўся сюды параўнальна нядаўна.

2. Рэгрэсіўныя папуляцыі складаюцца старэчымі асобінамі, якія не могуць утварыць жыццяздольнае насенне або аднаўляюцца іншым шляхам у гэтым супольніцтве.

3. Нармальная папуляцыя складзена ўсімі або амаль усімі ўзроставымі групамі. Такая папуляцыя з'яўляецца незалежнай і здольная да самападтрымання палавым і вегетатыўным шляхам.

Натуральна, што ў фітацэнозах могуць сустракацца віды з рознымі тыпамі папуляцый. Адзін можа быць прадстаўлены нармальнай папуляцыяй, а іншыя – як нармальнымі, так і інвазійнымі, рэгрэсіўнымі. Напрыклад, у некаторых фітацэнозах змешаных лясоў растуць адначасова елка і бяроза. Калі елка там прадстаўлена нармальнай папуляцыяй, а бяроза – рэгрэсіўнай, можна дапусціць, што ў дадзеным фітацэнозе бяроза хутка выпадзе з дрэвастою, а елка займе пануючае становішча. Калі елка прадстаўлена інвазійнай папуляцыяй, а бяроза – нармальнай, то пройдзе не менш 35–50 гадоў, пакуль елка пяройдзе ў стан нармальнай папуляцыі, зменяцца характар фітацэнозу і ўмовы жыцця на дадзенай тэрыторыі. Тое ж назіраецца і сярод травяністых відаў, імхоў і інш.

Істотная прыкмета фітацэнозу – колькасныя суадносіны паміж відамі, што ўваходзяць у яго склад. У большасці фітацэнозаў ёсць віды, якія пераважаюць над іншымі па колькасці асобін. Такія віды называюцца *дамінантамі*. Па колькасці дамінантаў адрозніваюць фітацэнозы *мона-* і *полідамінантныя* (у фітацэнозе толькі адзін дамінантны від або іх некалькі). Прыкладам монадамінантных супольніцтваў могуць служыць лясы таёжнай зоны, дзе ў дрэўным ярусе пануе які-небудзь адзін від (елка, хвоя і інш.). Дубровы, насупраць, звычайна полідамінантныя. У травяністых супольніцтвах нярэдка адбываецца змена дамінантаў па гадах у залежнасці ад змен у надвор'і на працягу года (адны гады больш сухія, другія больш вільготныя і г. д.).

Віды, якія не з'яўляюцца дамінантамі, называюцца *саўдзельнікамі* або *асектатарамі* (ад лац. assectator – пастаянны спадарожнік).

Віды, якія ўваходзяць у склад фітацэнозу, адыгрываюць розную асяроддзеўтваральную ролю. У той жа час дамінанты не заўсёды з'яўляюцца асяроддзеўтваральнікамі. Спецыфічнае асяроддзе ў фітацэнозе фарміруецца пад уплывам усіх яго кампанентаў.

Да паняцця «дамінанта» вельмі блізкае паняцце «эдыфікатар», якое прапанавалі Паплаўская (1924) і Сукачоў (1926). Пад *эдыфікатарам* разумеюць від, які дзякуючы свайму багаццю і прадуктыўнасці выконвае вядучую ролю ў фарміраванні фітаасяроддзя ў супольніцтве. Такім чынам, эдыфікатары – стваральнікі фітацэнозу, якія вызначаюць структуру і спецыфічныя ўмовы ў ім. Часцей за ўсё гэта расліны верхніх ярусаў, напрыклад

лістоўніца ў лістоўнічным лесе, елка ў яловым лесе. Але часам эдыфікатарамі могуць быць расліны ніжняга яруса, напрыклад сфагнум на верхавым балоце. Эдыфікатарамі з'яўляюцца ўстойліва дамінуючыя віды, якія аказваюць вялікі ўплыў на фарміраванне фітаасяроддзя.

Структура фітацэнозу. Структура фітацэнозу вызначаецца саставам, колькаснымі суадносінамі і размяшчэннем кампанентаў фітацэнозу.

Фітацэнозы могуць быць расчлянёныя на добра адмежаваныя ў прасторы элементы структуры, якія геабатанік Х. Х. Трас (1970) назваў *цэнаэлементамі.* Да іх адносяцца ярусы, якія характарызуюць вертыкальную структуру, сінузіі і мікрагрупоўкі або мікрацэнозы, што характарызуюць гарызантальнае расчляненне фітацэнозаў.

Ярусам называюць частку пласта раслiннага супольніцтва, у якім размяшчаюцца асімілiруючыя органы раслін – лісце, сцёблы або паглынальныя ўчасткі каранёў, запасальныя падземныя органы раслін (карані, карэнішчы, клубні, цыбуліны).

Ярус – гэта структурная частка фітацэнозу, адасобленая ад іншых ярусаў марфалагічна, фларыстычна, экалагічна і ў фітацэнатычных адносінах, паколькі ў кожным ярусе ёсць свая сістэма ўзаемаадносін паміж кампанентамі і той часткай асяроддзя фітацэнозу, у якой яны існуюць.

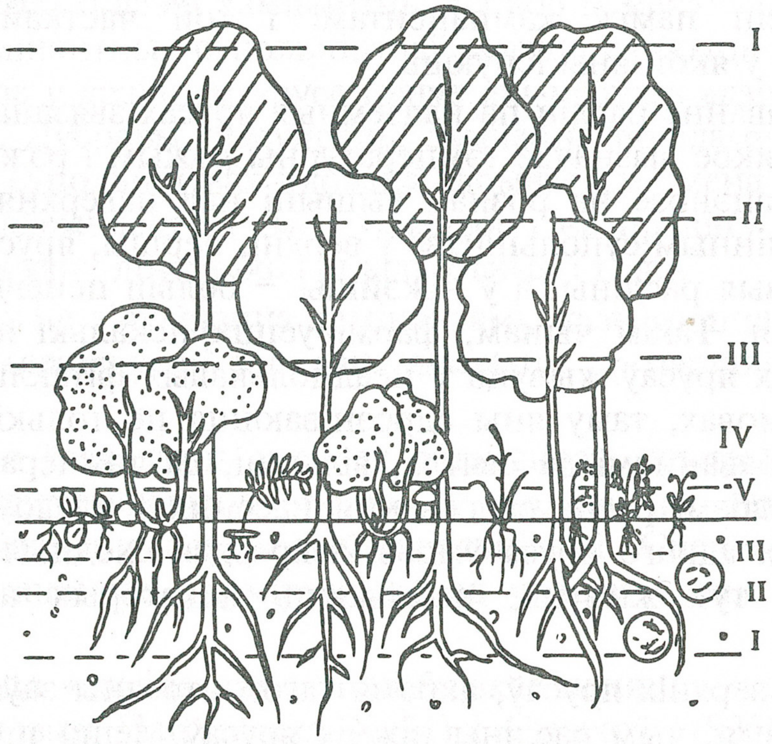
Размеркаванне раслін па надземных ярусах звязана з колькасцю святла, якое вызначае тэмпературны рэжым і рэжым вільготнасці ў фітацэнозе на рознай вышыні над паверхняй глебы. У любым раслінным супольніцтве ў верхні, першы, ярус уваходзяць святлолюбівыя расліны, а ў ніжэйшы – больш ценевынослівыя і ценелюбівыя. Такім чынам, фарміруецца некалькі ярусаў. Расліны розных ярусаў жывуць у неаднолькавых фітакліматычных і глебавых умовах, таму яны адрозніваюцца не толькі вышынёй, але і патрабаваннямі да святла, вільгаці, да тэмпературнага рэжыму, спосабамі распаўсюджвання насення і пладоў. У той жа час у межах аднаго яруса ўмовы асяроддзя сходныя. Таму расліны, якія тут жывуць, набываюць некаторыя аднолькавыя прыкметы.

Расліны верхніх ярусаў, акрамя таго, што яны заўсёды больш святлолюбівыя, чым расліны ніжніх ярусаў, лепш прыстасаваны да рэзкіх хістанняў тэмпературы і вільгаці. У іх жыцці вялікую ролю адыгрывае вецер: ён перамешвае паветра, ахалоджвае лісце, пераносіць пылок і распаўсюджвае плады і насенне. У іншых умовах існуюць расліны ніжэйшых ярусаў. Так, у кустоўевым ярусе да нармальнага развіцця здольныя толькі параўнальна це-

невыносливыя расліны; у той жа час кроны дрэў ахоўваюць іх ад рэзкіх перападаў тэмператур і ад уздзеяння ветру. У гэтых умовах важным фактарам з'яўляецца багатае і разнастайнае жывёльнае насельніцтва лесу: насякомыя садзейнічаюць апыленню кветак; птушкі распаўсюджваюць насенне і плады, яны ж ачышчаюць ствалы і лісце ад шкоднікаў; шмат якія жывёліны паядаюць лісце і галіны. У раслін гэтага яруса ўзніклі асобыя прыстасаванні да апылення з дапамогай насякомых і да распаўсюджвання пладоў і насення з дапамогай жывёлін.

Яшчэ больш ценевынослівымі з'яўляюцца расліны самых ніжніх ярусаў лесу, якія зацяняюцца не толькі дрэвамі, але і кустоўем. Шырокія цёмна-зялёныя пласцінкі, белая афарбоўка кветак, самаапыленне, шырокая прыстасаванасць да вегетатыўнага аднаўлення, што назіраюцца ў шмат якіх відаў, сведчаць аб прыстасаванні гэтых раслін да жыцця ў ніжніх ярусах.

Найбольш выразна праяўляецца яруснасць у лясным фітацэнозе (рыс. 104). Колькасць ярусаў у розных тыпах лесу розная. Напрыклад, хвойнік сфагнавы можа складацца ўсяго з двух ярусаў: у першым – хвоя, у другім – сфагнум. У дуброве можна вылучыць да сямі ярусаў.



Рыс. 104. Яруснасць у лясным фітацэнозе

Звычайна ў лесе вылучаюць: 1) дрэвастой, або ярус дрэў; 2) падлесак, або кустоўевы ярус; 3) травяніста-кусцікавы покрыў (трава, кусцікі і паўкусцікі); 4) імхова-лішаёвы ярус.

У фітацэнозах існуюць і пазаярусныя расліны, да якіх адносяцца ліяны і эпіфіты.

У травяністых фітацэнозах таксама вылучаюць ярусы, хоць яны выражаны не так выразна, як у лясных. Расліны тут размеркаваны па ярусах у залежнасці ад таго, дзе размяшчаецца асноўная маса асімілюючых органаў. Калі травы (напрыклад, трыпутнік ланцэталісты або ключыкі вясеннія) развіваюць лісце ў прыглебавым пласце, а высока над паверхняй выносяць толькі сцёблы з веткамі або пладамі, іх адносяць да ніжняга яруса. Расліны, падобныя лазаніцы звычайнай або святаянніку, у якіх доўгія сцёблы на ўсёй працягласці добра аблісцены, адносяць да верхняга яруса. Да ліку раслін, што ўтвараюць першы (верхні) ярус лугавых фітацэнозаў, належаць каласоўнік безасцюковы, купкоўка зборная, васілёк лугавы, цімафееўка лугавая; у другім ярусе растуць вострыца, герань лугавая, канюшына лугавая, канюшына ружовая, лісахвост лугавы, метлюжок лугавы, нівянік звычайны. Трэці ярус утвараюць нізавыя злакі (дзьмухавец, канюшына паўзучая, лазаніца манетчатая, метлюжок аднагадовы, мятліца звычайная).

Падземныя органы розных раслін размяшчаюцца ў глебе на рознай глыбіні. Тут таксама можна вылучыць ярусы (рыс. 105). Дзякуючы падземнай яруснасці карані розных відаў раслін паглынаюць ваду і пажыўныя рэчывы з розных гарызонтаў глебы. Гэта дазваляе на адной і той жа тэрыторыі размясціцца вялікай колькасці раслін. Больш за ўсё каранёў у паверхневым пласце глебы, дзе яны ўтвараюць перапляценні, так што цяжка аддзяліць карані адной расліны ад каранёў другой. Чым глыбей, тым меней утрымліваецца каранёў, але і на глыбіні 3–5 м у лясных фітацэнозах умеранай зоны іх яшчэ даволі шмат. Звычайна на такую глыбіню пранікаюць карані многагадовых высакаствольных раслін. Напрыклад, у шыракалісцевым лесе карані дрэў дасягаюць глыбіні 5–6 м, карані кустоўя пранікаюць на глыбіню 2–3 м, карані траў (сніткі, пырніку, папарацей і інш.) дасягаюць глыбіні 1 м і болей, у той час як карані падалешніку і расходніку размяшчаюцца ў паверхневых пластах – на глыбіні 25–40 см.

Прасторавая яруснасць (надземная і падземная) расліннага супольніцтва з'яўляецца не толькі важным структурным, але і функцыянальным яго элементам. Калі расліны аднаго яруса выкарыстоўваюць адны ўмовы месцапражывання, то расліны другога яруса выкарыстоўваюць іншыя ўмовы, у тым ліку і абумоўленыя фітагенным уплывам саміх ярусаў. Гэта ў значнай меры садзейнічае зніжэнню канкурэнцыі паміж раслінамі ў фітацэнозе і дазваляе размясціцца на адной і той жа тэрыторыі вельмі вялікай колькасці відаў.

Рыс. 105. Надземная і падземная яруснасць у травяністых фітацэнозах

Раслінныя супольніцтвы практычна ніколі не маюць аднароднай структуры на ўсёй займаемай тэрыторыі; з'яву неаднароднасці фітацэнозаў у гарызантальных адносінах, расчляненне іх на больш дробныя структуры называюць *мазаічнасцю*. Мазаічнасць праяўляецца ў змяненні колькасных суадносін відаў раслін, іх самкнутасці, прадукцыйнасці і іншых паказчыкаў. Гэтая з'ява абумоўлена некаторай неаднароднасцю біятопа, асяроддзеўтваральным уплывам раслін і жывёлін. Часта мазаічнасць выклікаецца антрапічнай дзейнасцю чалавека. У выніку адны віды будуць сустракацца па ўсёй плошчы асобнымі экземплярамі больш-менш раўнамерна, другія – толькі ў некаторых месцах, а трэція – курцінкамі.

Элементамі гарызантальнага расчлянення фітацэнозу з'яўляюцца сінузіі і мікрагрупоўкі (мікрацэнозы).

Сінузіі ў межах фітацэнозу аб'ядноўваюць групы відаў, якія падобныя па экалагічных уласцівасцях і належаць да пэўных жыццёвых формаў.

Упершыню тэрмін «сінузія» (ад грэч. synusia — супольніцтва) быў скарыстаны аўстрыйскім геабатанікам Г. Гамсам (1918). Г. Гамс адрозніваў сінузіі трох парадкаў. Сінузія першага парадку ўключае асобіны аднаго віду ў межах супольніцтва (напрыклад, сінузія грушанкі акруглалістай сярод мохавага покрыва ў ельніку-зялёнамошніку). Сінузія другога парадку ўключае асобіны розных відаў, але адной жыццёвай формы (напрыклад, сінузія кусточкаў у хваёвым лесе). У гэтым выпадку сінузія часта адпавядае ярусу. Сінузія трэцяга парадку аб'ядноўвае асобіны відаў розных жыццёвых формаў, прыстасаваных да пэўных мікраўмоў (сінузія брусніц і зялёных імхоў у мікрапаніжэнні хвойніку-бруснічніку).

Дробныя аднародныя структуры, што складаюць фітацэноз, называюцца *мікрагрупоўкамі* або *мікрацэнозамі*. Гэта, напрыклад, групы елак, хваін, асін у розных лясных супольніцтвах, плямы пырніку на лузе, групы кустоўя на лузе і г. д. Трэба мець на ўвазе, што гэтыя групоўкі ў адрозненне ад фітацэнозу ў цэлым не валодаюць устойлівасцю, падтрыманне іх структуры вызначаецца фітацэнозам у цэлым.

Дынаміка фітацэнозаў. Фітацэноз пастаянна змяняецца на працягу часу. У ім назіраюцца змены на працягу сутак, года, ад года да года, а ў лесе — таксама са зменай узросту дрэў, што ўтвараюць верхні ярус. У адпаведнасці з гэтым адрозніваюць сутачную, рознагадовую і ўзроставую дынаміку фітацэнозаў.

Сутачная зменлівасць звязана са зменамі жыццядзейнасці раслін (фотасінтэзу, транспірацыі, паглынання вады і мінеральных солей і інш.) на працягу сутак.

У розных відаў, якія ўтвараюць супольніцтвы, як правіла, розныя тэмпы праходжання этапаў арганагенезу, неаднолькавая хуткасць нарастання вегетатыўнай масы, розныя тэрміны цвіцення і плоданашэння. Гэта адбіваецца на знешнім выглядзе фітацэнозу ў форме рэгулярнага чаргавання масавага цвіцення то адных, то другіх раслін. Гэтая з'ява атрымала назву *змены аспектаў* або *сезоннай зменлівасці фітацэнозу*. Аспект фітацэнозу — гэта яго знешні выгляд, каляровыя асаблівасці.

Сезонная зменлівасць фітацэнозаў абумоўлена зменамі ўмоў існавання раслін на працягу года, рытмікай вегетацыі. Змены аспектаў найбольш прыкметныя пры чаргаванні вільготных і сухіх або цеплых і халодных сезонаў. Так, развіццё лісця і лістапад цалкам залежаць ад змены ўмоў у навакольным асяроддзі. Найбольш выразна можна прасачыць змены аспектаў пры цвіценні

лугавых траў, дзе на працягу вегетацыйнага перыяду можна назіраць 8–10 змен аспектаў.

Сезонная рытміка ўтварае спрыяльныя экалагічныя абставіны для супольніцтва раслін. Дзякуючы несупадзенню рытмаў развіцця ў фітацэнозе можа існаваць значна большая колькасць відаў, чым ва ўмовах, калі б усе віды праходзілі этапы свайго развіцця і феналагічныя фазы адн准часова.

Розныя віды прымаюць розны ўдзел у фарміраванні аспектаў. Ступень удзелу віду ў аспекце называецца *фізіянамічнасцю*. У многіх выпадках найбольшую фізіянамічнасць від мае ў перыяд масавага цвіцення. У той жа час прадстаўнікі некаторых асноўных жыццёвых формаў, у асаблівасці дрэвы і кустоўе, валодаюць высокай фізіянамічнасцю ва ўсе сезоны.

Зменлівасць фітацэнозу па гадах – *флюктуацыі* (лац. fluctuatio – калыханні) могуць быць выкліканы рознымі прычынамі. Галоўную ролю адыгрываюць знешнія прычыны, перш за ўсё змены кліматычных і гідралагічных умоў. Так, у вільготныя гады ў адным і тым жа фітацэнозе моцна разрастаюцца больш вільгацелюбівыя віды, а ў засушлівыя, наадварот, больш засухаўстойлівыя. Для фітацэнозаў пойменных лугоў вялікую ролю адыгрывае працягласць затаплення вясной. Калі пойма застаецца пад вадой больш працяглы перыяд, чым звычайна (гэта можа быць выклікана мнагаснежнай зімой), у травастоі большую ролю пачынаюць адыгрываць гігрофіты і нават балотныя віды. Рознагадовыя змены не вядуць да карэннай перабудовы супольніцтва і да змены аднаго супольніцтва ў другое.

Узроставая дынаміка добра выражана ў лясных фітацэнозах. Агульны выгляд, структура і іншыя асаблівасці маладога лесу зусім іншыя, чым старога. З павелічэннем узросту дрэў значна памяншаецца колькасць ствалоў на 1 га, узрастае асвятленне пад полагам лесу, змяняецца склад дамінантаў травяна-кусцікавага і мохавага покрыва і г. д.

Фітацэнозам уласцівы таксама многагадовыя аднанакіраваныя змены, якія вядуць да карэннай перабудовы ўсіх прыкмет супольніцтва і ў канчатковым выніку да змены аднаго супольніцтва другім. Такія змены называюцца *сукцэсіямі* (лац. successio – пераемнасць, атрыманне ў спадчыну). Тэрмін «сукцэсія» ўведзены ў 1901 г. амерыканскім геабатанікам Ф. Клементсам. Упершыню змену дрэўных фітацэнозаў назіраў расійскі батанік Г. Ф. Марозаў. Даследаваннем змены фітацэнозаў займаліся І. К. Пачоскі, Г. М. Высоцкі, У. М. Сукачоў і інш.

Сукцэсіі вядуць да фарміравання або аднаўлення ўстойлівага стабільнага фітацэнозу або, наадварот, да яго дыгрэсіі – пагар-

шэння стану, да няўстойлівасці, распаду. Сукцэсійныя працэсы знаходзяцца пад кантролем абіятычных і біятычных, а ў апошні час і антрапічных фактараў.

Адрозніваюць першасныя (фарміраванне супольніцтва на субстратах, што ўпершыню засяляюцца раслінамі) і другасныя (на месцы знішчаных супольніцтваў) сукцэсіі. Прыкладам першых можа быць зарастанне ўзнікшага вострава на рацэ, другіх – аднаўленне лесу на вырубцы.

Прычыны сукцэсій розныя. Адны з іх – унутраныя (аўтагенныя) – звязаны з жыццядзейнасцю самога фітацэнозу; другія – знешнія (алагенныя) – з уплывам на фітацэнозы знешніх умоў. Унутраныя і знешнія прычыны ўзаемазвязаны і ўплываюць на фітацэноз адначасова.

У залежнасці ад прычын, якія абумоўліваюць сукцэсіі, адрозніваюць некалькі іх тыпаў.

Сінгенез – такія змены, рухальнай сілай якіх з'яўляюцца ўзаемаадносіны паміж раслінамі (паступовае фарміраванне фітацэнозу на тэрыторыі, якая першасна пазбаўлена расліннасці).

Эндагенез – змены, абумоўленыя жыццядзейнасцю самога фітацэнозу, у выніку чаго змяняецца асяроддзе яго існавання (забалочванне лесу, лугу).

Экзагенез – змены, абумоўленыя ўздзеяннем знешніх у адносінах да фітацэнозу прыродных фактараў.

Сярод *алагенных змен* у залежнасці ад дзеючага фактару адрозніваюць кліматагенныя, эдафагенныя (напрыклад, засаленне вадаёмаў), заагенныя (загачванне рэк бабрамі, пры якім затапляюцца ўчасткі поймы), антрапічныя (вырубка лясоў, разворванне, касьба, пажары, розныя меліярацыйныя мерапрыемствы і тэхнагенныя прычыны).

У залежнасці ад памераў участка расліннасці, на якім адбываецца сукцэсія, алагенныя змены падзяляюць на лакальныя і агульныя ландшафтныя.

Сукцэсійныя змены фітацэнозаў адбываюцца ў розных ландшафтных сістэмах з рознай хуткасцю. Вельмі хутка, на вачах аднаго пакалення людзей, адбываецца змена фітацэнозаў і заацэнозаў на тэрыторыях, якія асушаюцца. Гэта вядзе да знікнення не толькі раслін – гідрафітаў і гіграфітаў, але і шмат якіх жывёлін, у тым ліку птушак. Інтэнсіўны выпас хатняй жывёлы вядзе таксама да істотных змен фітацэнозаў. Празмерны выпас пагаршае травастой пойменнага лугу, у выніку вытоптвання на лузе ўтвараецца забалочанае куп'ё. Найменш устойлівыя да выпасу лясныя

фітацэнозы. У выніку ўшчыльнення глебы каранёвыя сістэмы лясных парод яўна дэградуюць. Пры гэтым рэзка зніжаюцца водаахоўныя ўласцівасці, абцяжараны працэс аднаўлення драўняных парод.

Веданне законаў сукцэсій дазваляе змяняць развіццё расліннага покрыва ў неабходным накірунку.

АХОВА РАСЛІН

Ва ўмовах навукова-тэхнічнай рэвалюцыі больш, чым калінебудзь, чалавек сваёй гаспадарчай дзейнасцю наносіць шкоду навакольнаму асяроддзю, у тым ліку і расліннасці. Расце забруджванне паветра і вады, павышаецца ўтрыманне вуглякіслага газу ў атмасферы, зніжаецца ўрадлівасць глебы, узрастае забруджванне яе пестыцыдамі і гербіцыдамі, скарачаюцца запасы прэснай вады, разбураецца раслінны покрыў, знішчаецца раслінны і жывёльны свет.

Антрапічны ўплыў на раслінны покрыў праяўляецца ў розных формах і вядзе да розных вынікаў. У некаторых выпадках карэнныя раслінныя супольніцтвы спазнаюць істотныя змены (як, напрыклад, пасля асушэння балот), у іншых выпадках карэнная расліннасць уступае месца вытворнай (напрыклад, пасля высечкі больш каштоўны карэнны яловы лес замяняецца беразняком).

Разам з гэтым адбываецца і поўнае знішчэнне прыроднай расліннасці, прычым на значнай плошчы. Маштабы гэтай з'явы з гадамі ўсё больш узрастаюць. Прыродны раслінны покрыў знікае ў выніку таго, што ўзнікаюць новыя гарады і паселішчы, будуюцца заводы, фабрыкі, фермы, пракладваюцца дарогі і чыгункі, што патрабуе вызвалення ад расліннасці вялікіх плошчаў.

Акрамя таго, колькасць асобін пэўных відаў рэзка памяншаецца ў выніку празмернай рэкрэацыйнай нагрузкі на жывы покрыў, а таксама непамернага збору як лекавых, так і кветкавадэкаратыўных раслін, іх насення, пладоў, карэнішчаў, клубняў, цыбулін.

У той час трэба разумець, што цяперашняе існаванне чалавека і яго будучае ўсё больш залежаць ад расліннага свету, які дае не толькі ежу, прытулак, лекі, кісларод, але і ўяўляе сабой важны кампанент натуральнага асяродка пражывання чалавека. Захаванне ўстойлівасці і высокай прадукцыйнасці расліннага покрыва з'яўляецца адной з самых важных праблем для захавання жыцця на Зямлі.

У нашай дзяржаве работа па ахове расліннага свету праводзіцца ў некалькіх накірунках.

Першы накірунак – арганізацыя рацыянальнага выкарыстання раслінных рэсурсаў з забеспячэннем іх аднаўлення і павышэння прадукцыйнасці. Вядучую ролю адыгрывае планаванне выкарыстання рэсурсаў, якое абапіраецца на навукова абгрунтаваныя даныя. Да гэтага накірунку адносяцца вядзенне лясной гаспадаркі, эксплуатацыя лясоў і іншых прыродных фітацэнозаў на навуковай аснове.

Другі накірунак звязаны з захаваннем расліннага свету ва ўрбанізаваных і прамысловых раёнах з так званай аптымізацыяй ландшафту. Аптымізацыя ландшафтаў і рэкультывацыя глебы прадугледжваюць вывучэнне ўплыву розных антрапічных і тэхнагенных фактараў на расліннасць (паветранага і глебавага забруджвання, меліярацыі, выпасу жывёлы, рэкрэацыі, здабычы карысных выкапняў) і барацьбу з неспрыяльным уплывам.

Трэці накірунак – ахова асобных відаў раслін, раслінных супольніцтваў і экасістэм на тэрыторыях, дзе забаронена або абмежавана гаспадарчая дзейнасць. Гэта запаведнікі, заказнікі, нацыянальныя паркі, помнікі прыроды.

На тэрыторыі Беларусі створаны тры запаведнікі (Бярэзінскі біясферны, Прыпяцкі ландшафтна-гідралагічны і Палескі радыяцыйна-экалагічны) і два дзяржаўныя нацыянальныя паркі (Белавежская пушча і Браслаўскія азёры), больш за 45 заказнікаў.

У *запаведніках* забаронена ўсялякая дзейнасць, якая парушае прыродныя комплексы і пагражае зберажэнню прыродных аб'ектаў (будаўніцтва, вышукальныя работы і здабыча карысных выкапняў, лесакарыстанне, нарыхтоўка сена, лекавых раслін, кветак, насення, а таксама паляванне, рыбная лоўля і інш.). Асноўнай мэтай біясферных запаведнікаў з'яўляецца ахова і захаванне генетычнага фонду раслін і жывёлін, экалагічных сістэм цалкам. У іх праводзяцца навуковыя даследаванні па вывучэнні дынамікі прыродных працэсаў. Яны служаць асновай кантролю за станам біясферы планеты.

У *заказніках* гаспадарчая дзейнасць працягваецца, але ўстаноўлены строгі яе рэжым, які забяспечвае захаванне тыповых ландшафтаў, асобных відаў раслін і іншых прыродных аб'ектаў.

У *нацыянальных парках* вылучаюцца зоны гаспадарчай дзейнасці, рэкрэацыі і запаведныя зоны, куды забаронены ўваход і ўезд.

Ахова рэдкіх і знікаючых відаў раслін і жывёлін, а таксама грыбоў ажыццяўляецца перш за ўсё шляхам складання і зацвярджэння спісаў такіх відаў і публікацыі іх у Чырвонай кнізе з

Рыс. 106. Некаторыя расліны з Чырвонай кнігі Беларусі:
1 — граздоўнік просты; *2* — ладдзян трохнадрэзаны; *3* — кураслеп лясны; *4* — пярэсна еўрапейская; *5* — ваўчаягада баравік; *6* — кадзіла сармацкае; *7* — гарычкэ веснавая; *8* — пылкагалоўнік чырвоны; *9* — ятрышнік дрэмлік; *10* — сальвінія плывучая; *11* — гарлачык жоўты малы; *12* — шпажнік чарапіцавы; *13* — чараўнік двухлісты; *14* — сон шыракалісты; *15* — пералеска высакародная

Рыс. 106. Працяг

Рыс. 106. Заканчэнне

мэтай азнаямлення шырокіх колаў насельніцтва. Інфармацыя ў Чырвонай кнізе аб ахоўных раслінах падзяляецца на наступныя рубрыкі: назва і палажэнне ў сістэме, статут; пашырэнне; запасы; размнажэнне; прычыны змянення запасаў; культываванне; прынятыя і неабходныя меры аховы; крыніца інфармацыі. Па кожным відзе раслін прыведзены карта пашырэння і малюнак.

У Чырвоную кнігу Беларусі занесена больш за 180 відаў раслін, грыбоў і лішаёў, якія патрабуюць аховы. Сярод раслін такія, мабыць, звыклыя віды, як папараць граздоўнік просты, ладдзян трохнадрэзаны; віды, якія знаходзяцца пад пагрозай знікнення,– піхта белая, гарлачык белы, кураслеп лясны, пярэсна еўрапейская, ваўчаягада баравік, кадзіла сармацкае, гарычка веснавая, пылкагалоўнік чырвоны, ятрышнік дрэмлік, ятрышнік шлеманосны; рэдкія віды – дзераза баранец звычайны, палушнік азёрны, хвошч вялікі, папараць сальвінія плывучая, гарлачык жоўты, бяроза карлікавая, дуб скальны і інш. (рыс. 106).

Адным са шляхоў выратавання рэдкіх і знікаючых відаў раслін з'яўляецца захаванне іх у батанічных садах, дзе ствараюцца ўчасткі мясцовай флоры.

ЛІТАРАТУРА

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3 т. М., 1990.

Губанов И. А., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Определитель высших растений средней полосы европейской части СССР: Пособие для учителя. М., 1981.

Дедюв К. Путешествие в мир живой клетки. М., 1987.

Дорофеев А. М., Сюбарова С.Ф. Они не должны исчезнуть: Книга для учащихся. Мн., 1987.

Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы: Справ. миколога и грибника. Киев, 1987.

Жизнь растений: В 6 т. М., 1974—1980.

Зименко Т.Г., Самсонова А.С. Невидимые санитары биосферы. Мн., 1984.

Кемп П., Армс К. Введение в биологию. М., 1988.

Клинковская Н.И., Пасечник В.В. Комнатные растения в школе. М., 1986.

Медведева В.К. Ботаника. М., 1985.

Михайловская И.С. Строение растений в связи с условиями жизни. 2-е изд. М., 1977.

По страницам Красной книги: Растения. Попул. энцикл. справ. Мн., 1987.

Природа Белоруссии: Попул. энцикл. Мн., 1986.

Радкевич В.А. Экология: Краткий курс. 3-е изд., перераб. и доп. Мн., 1997.

Раслінны свет Беларусі. Мн., 1978.

Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника: В 2 т.; Пер. с англ. М., 1990.

Сержанина Г.И., Змитрович И.И. Макромицеты. 2-е изд. / Под ред. Н. А. Дорожкина. Мн., 1986.

Сержанина Г.И., Яшкин И.А. Грибы. Мн., 1986.

Чернова Н.М., Былова А.М. Экология: Учеб. пособие для студ. пед. ин-тов биол. спец. 2-е изд. М., 1988.

Энцыклапедыя прыроды Беларусі: У 5 т. Мн., 1983—1986.

Яковлев Г. П., Челомбитько В. А. Ботаника/ Под ред. И. В. Грушвицкого. М., 1990.

КАРОТКІ БЕЛАРУСКА-РУСКІ СЛОЎНІК НАЗВАЎ РАСЛІН, ПАШЫРАНЫХ НА БЕЛАРУСІ

Абляпіха крушынавая	Облепиха крушиновидная
Агаткі двухдомныя	Кошачья лапка двудомная
Агрэст звычайны	Крыжовник обыкновенный
Аднацветка аднакветкавая	Одноцветка одноцветковая
Аер звычайны	Аир обыкновенный
Ажыка валасістая	Ожика волосистая
Ажына	Ежевика
Айва звычайная	Айва обыкновенная
Акацыя белая, *гл.* Рабінія	
Акацыя жоўтая, *гл.* Карагана	
Аксаміткі (тагэтэс) адхіленыя	Бархатцы (тагетис) отклоненные
– прамастойныя	– прямостоячие
Аксамітнік (амарант) адкінуты	Щирица (амарант) запрокинутая
Альдраванда пухіраватая	Альдрованда пузырчатая
Амежнік вадзяны	Омежник водяной
Амела белая	Омела белая
Аморфа куставая	Аморфа кустарниковая
Анемона, *гл.* Кураслеп	
Арляк звычайны	Орляк обыкновенный
Аронія чарнаплодная (чарнаплодная рабіна)	Арония черноплодная (черноплодная рябина)
Арэшнік, *гл.* Ляшчына	
Асака	Осока
Асіна	Осина
Асліннік (начная свечка) двухгадовы	Ослинник (ночная свеча) двулетний
Асот агародны	Осот огородный
– палявы	– полевой
Астра вярбовая	Астра иволистная
Аўсяніца (мурожніца) авечая	Овсяница овечья
– лугавая	– луговая
– чырвоная	– красная
Бабок трохлісты	Вахта трилистная
Багнаўка чорная	Водяника черная
Багун балотны	Багульник болотный
Бадзяк агародны (жоўты)	Бодяк огородный (желтый)
– звычайны	– обыкновенный
– палявы (ружовы)	– полевой (розовый)
Балігалоў крапчаты	Болиголов крапчатый
Бальзамин звычайны	Бальзамин (недотрога) обыкновенный
Баранец звычайны	Баранец обыкновенный
Барвенак малы	Барвинок малый

Барвенак травяністы	Барвинок травянистый
Баркун белы	Донник белый
— жоўты (лекавы)	— желтый (лекарственный)
Баршчэўнік сібірскі	Борщевик сибирский
Белакапытнік гібрыдны	Белокопытник гибридный
Біручына звычайная	Бирючина обыкновенная
Блёкат чорны	Белена черная
Блюшчык плюшчападобны (каціная мята)	Будра плющевидная
Боцікі (аканіт) высокія	Борец высокий
Братаўка дуброўная (Іван-ды-Мар’я)	Марьянник дубравный (Иван-да-Марья)
Браткі, *гл.* Фіялка	
Бружмель звычайны (лясны, пушысты)	Жимолость обыкновенная (лесная, пушистая)
— татарскі	— татарская
Брусніцы	Брусника
Брызгліна барадаўчатая	Бересклет бородавчатый
— еўрапейская	— европейский
Бузіна чорная	Бузина черная
— чырвоная	— красная
Буйміна лугавая	Сердечник луговой
Бук лясны (еўрапейскі)	Бук лесной (европейский)
Букашнік горны	Букашник горный
Буквіца лекавая	Буквица лекарственная
Бульба	Картофель
Буракі звычайныя	Свекла обыкновенная
Бусельнік (грабелькі) цыкутавы	Аистник цикутовый
Буякі (ганабобель, дурніцы)	Голубика (гонобобель)
Бэз венгерскі	Сирень венгерская
— звычайны	— обыкновенная
Бядрынец каменяломкавы	Бедренец камнеломковый
Бяроза карлікавая	Береза карликовая
— павіслая (барадаўчатая)	— повислая (бородавчатая)
Бярозка палявая	Вьюнок полевой
Бяскільніца расстаўленая	Бескильница расставленная
Вадаперыца балотная	Турча болотная
Вадзяная зараза, *гл.* Эладэя	
Вадзяны арэх (рагульнік, чылім) плывучы	Водяной орех (рагульник, чилим) плавающий
Валадушка круглалістая	Володушка круглолистная
Валяр’ян лекавы	Валериана лекарственная
Валошка, *гл.* Васілёк	
Варанец каласападобны	Воронец колосистый
Васілёк (валошка) лугавы	Василек луговой
Васілёк сіні (пасяўны)	Василек синий (посевной)
— фрыгійскі	— фригийский

Ваўчкі трохраздзельныя	Череда трехраздельная
Вастракільніца чарнеючая	Острокильница чернеющая
Венерын чаравік	Венерин башмачок
Верас звычайны	Вереск обыкновенный
Вербена лекавая	Вербена лекарственная
Відомец балотны	Белозор болотный
Вішня звычайная (кіслая)	Вишня обыкновенная (кислая)
— лямцовая (кітайская)	— войлочная (китайская)
— птушыная (чарэшня)	— птичья (черешня)
Вольха чорная (клейкая)	Ольха черная (клейкая)
— шэрая (белая)	— серая (белая)
Ворлікі (аквілегія) звычайная	Водосбор (аквилегия) обыкновенный
Ваўчаягада звычайная (воўчае лыка)	Волчеягодник обыкновенный (волчье лыко)
Вужоўнік звычайны	Ужовник обыкновенный
Вырачка звычайная	Пахучка обыкновенная
Вяз (лём) гладкі (звычайны)	Вяз гладкий (обыкновенный)
Вязель стракаты	Вязель разноцветный
Вярба белая (белалоз)	Ива белая (белолоз)
— востралістая (ракіта)	— остролистная (ракита)
— казіная (брэднік)	— козья (бредина)
— ломкая	— ломкая
— пяцітычынкавая (верблоз)	— пятитычинковая (верболоз)
Вятроўнік вязалісты	Таволга вязолистная
Вячорніца (начная фіялка)	Вечерница (ночная фиалка)
Гайнік балотны	Дремлик болотный
Галадок аднагадовы	Дивала однолетняя
— шматгадовы	— многолетняя
Галінзога дробнакветкавая	Галинзога мелкоцветная
Гарбуз звычайны (цвёрдакоры)	Тыква обыкновенная (твердокожая)
—, кабачкі	—, кабачки
—, патысон	—, патиссон
Гарлачык белы (белая вадзяная лілея)	Кувшинка белая (белая водяная лилия)
— жоўты (жоўтая вадзяная лілея)	Кубышка желтая (желтая водяная лилия)
— чыста-белы	Кувшинка чисто-белая
Гарліца шэра-зялёная	Икотник серо-зеленый
Гарлянка паўзучая	Живучка ползучая
Гарошак лясны	Горошек лесной
— мышыны	— мышиный
— плотавы	— заборный
Гарчыца белая	Горчица белая
— палявая	— полевая
Гарычка весная	Горечавка весенняя

Гваздзік барадаты (турэцкі)	Гвоздика бородатая (турецкая)
– пясчаны	– песчаная
– садовы (галандскі)	– садовая (голландская)
– травянка	– травянка
Герань (журавельнік) балотная	Герань болотная
– крывава-чырвоная	– кроваво-красная
– лугавая	– луговая
– лясная	– лесная
Гірча кменалістая	Гирча тминолистная
Гладыёлус, *гл.* Шпажнік	
Гладыш пруські	Гладыш прусский
– шыракалісты	– широколистный
Гледычыя звычайная	Гледичия обыкновенная
Глог адагнутачашалісцікавы	Боярышник отогнуточашелистниковый
– крывава-чырвоны	– кроваво-красный
Гняздоўнік сапраўдны	Гнездовка настоящая
Граб звычайны	Граб обыкновенный
Груша звычайная (лясная)	Груша обыкновенная (лесная)
Грушанка зеленаватая	Грушанка зеленоватая
– круглалістая	– округлолистная
– малая	– малая
– сярэдняя	– средняя
Губасцік рабы	Губастик крапчатый
Гудаера паўзучая	Гудайера ползучая
Гуляўнік лекавы	Гулявник лекарственный
Гусіная цыбуля жоўтая	Гусиный лук желтый
Гусялапка востралопасцевая	Манжетка остролопастная
Дабраполь жоўты	Зеленчук желтый
Дзераза булавападобная	Плаун булавовидный
– гадавая	– годичный
– сплюшчаная	– сплюснутый
Дзіванна звычайная (мядзведжае вуха)	Коровяк обыкновенный (медвежье ухо)
Дзівасіл вербалісты	Девясил иволистный
Дзівасіл шурпаты	Девясил шершавый
Дзягіль лекавы	Дягиль лекарственный
Дзядкі аптэчныя	Репешок аптечный
Дзьмухавец (адуванчык) лекавы	Одуванчик лекарственный
Драсён звычайны (гусятнік)	Горец обыкновенный (гусятник)
– земнаводны (вадзяная грэчка)	– земноводный (водяная гречиха)
– змяіны (ракавыя шыйкі)	– змеиный (раковые шейки)
– перцавы (вадзяны перац)	– перечный (водяной перец)
– птушыны (спарыш)	– птичий (спорыш)
Дрыжнік сярэдні	Трясунка средняя
Дуб звычайны (летні)	Дуб обыкновенный (летний)
Дуброўка гусіная (гусіная лапка)	Лапчатка гусиная (гусиная лапка)

Дуброўка прамастойная (калган, вузік)	Лапчатка прямостоячая (калган, узик)
– серабрыстая	– серебристая
Дуднік лясны	Дудник лесной
Дурнап'ян смярдзючы (звычайны)	Дурман вонючий (обыкновенный)
Дымніца лекавая	Дымянка лекарственная
Дэскурэнія Сафіі	Дескурения Софии
Елка белая	Ель белая
– звычайная	– обыкновенная
Жабнік звычайны (жабіны)	Водокрас обыкновенный
Жарнавец мяцёльчаты	Жарновец метельчатый
Жарушнік балотны	Жерушник болотный
Жасцёр слабільны	Жестер слабительный
Жаўтазель германскі	Дрок германский
– фарбавальны	– красильный
Жаўтакруг рабы	Пазник крапчатый
Жаўтушнік ляўконіевы	Желтушник левкойный
Журавіны балотныя	Клюква болотная
– буйнаплодныя	– крупноплодная
– драбнаплодныя	– мелкоплодная
Жывакост лекавы	Окопник лекарственный
Жыцік п'янючы	Плевел опьяняющий
– шматгадовы (райграс)	– многолетний (райграс)
Залозніца вузлаватая	Норичник узловатый
Заразіха белая	Заразиха белая
Зарніца звычайная (лянок)	Льнянка обыкновенная (ленок)
Званец бяскрылы	Погремок бескрылый
– вялікі	– большой
– малы	– малый
Званок крапівалісты	Колокольчик крапиволистный
– круглалісты	– круглолистный
– персікалісты	– персиколистный
– рапунцэлепадобны	– рапунцелевидный
– раскідзісты	– раскидистый
Зоркаўка балотная	Звездчатка болотная
– дуброўная	– дубравная
– сярэдняя (макрыца)	– средняя (мокрица)
Зубнік дыхавы	Скерда кровельная
Зуброўка духмяная	Зубровка душистая
Зюзнік еўрапейскі	Зюзник европейский
Ільвіны зеў (антырынум)	Львиный зев (антиринум)
Імшарніца (андрамеда) шматлістая	Подбел многолистный
Ісоп лекавы	Иссоп лекарственный

Кадзіла сармацкае	Кадило сарматское
Казлабарод беларускі	Козлобородник белорусский
Казялец едкі (курыная слепата)	Лютик едкий
— залацісты	— золотистый
— кашубскі	— кашубский
— паўзучы	— ползучий
— пякучы (прышчынец)	— жгучий (прищенец)
— ядавіты	— ядовитый
Каласняк коласападобны	Колосняк (волоснец) колосовидный
Каласоўнік аржаны	Костер ржаной
— безасцюковы	— безостый
Каліна звычайная (чырвоная)	Калина обыкновенная (красная)
Калматка палявая	Жабник полевой
Каманішнік лугавы	Сивец луговой
Канюшына альпійская	Клевер альпийский
— белая	— белый
— горная	— горный
— пашавая (коцікі)	— пашенный
— ружовая (гібрыдная)	— розовый
— сярэдняя	— средний
— цёмна-каштанавая	— темно-каштановый
— чырвоная (лугавая)	— красный (луговой)
— шамоткая	— шуршащий
Капытнік балотны	Белокрыльник болотный
Карагана дрэвападобная (жоўтая акацыя)	Карагана древовидная (желтая акация)
Касач бледна-жоўты	Касатик бледно-желтый
— сібірскі	— сибирский
Касталом лекавы	Чернокорень лекарственный
Касцяніцы	Костяника
Кацямятка кацiная (кацiная мята)	Котовник кошачий (кошачья мята)
Кірказон буйналісты	Кирказон крупнолистный
Кісліца звычайная	Кислица обыкновенная
Клён вастралісты (платанападобны)	Клен остролистный (платановидный)
— ілжэплатанавы (явар)	— ложноплатановый
— прырэчны	— приречный (Гиннала)
— татарскі (чарнаклён)	— татарский (черноклен)
Ключыкі, *гл.* Першацвет	
Кмен звычайны	Тмин обыкновенный
Кольнік коласападобны	Кольник колосовидный
Крапіва двухдомная	Крапива двудомная
— жыгучка	— жгучая
Крапінец звычайны	Истод обыкновенный
Красаўка беладонна (соннае ачмурэнне, шалёная ягада)	Красавка белладонна (сонная одурь, бешеная ягода)
Кроп пахучы	Укроп пахучий

Крупка peралескавая	Крупка перелесковая
Крушына ломкая (вольхападобная)	Крушина ломкая (ольховидная)
Крывасмок лекавы	Кровохлебка лекарственная
Крываўнік звычайны	Тысячелистник обыкновенный
— птарміка (чыхотная трава)	— птармика (чихотная трава)
Крывацвет палявы	Кривоцвет полевой
Крынічнік даўгалісты	Вероника длиннолистная
— дуброўны	— дубравная
— крынічны	— ключевая
— лекавы	— лекарственная
— шыракалісты	— широколистная
Куколь пасяўны	Куколь посевной
Куманіка	Куманика
Купалка едкая	Мелколепестник едкий (острый)
— канадская	— канадский
Купальнік горны	Арника горная
Купена духмяная (саламонава пячатка)	Купена пахучая (соломонова печать)
— шматкветная	— многоцветковая
Купкоўка зборная	Ежа сборная
Куравай балотны	Астрагал болотный
— дацкі	— датский
— нутавы	— нутовый
— салодкалісты	— сладколистный
Кураслеп (анемона) лясны	Ветреница (анемона) лесная
Кураслепнік дуброўны	Ветреничник дубравный
— казяльцовы	— лютичный
Кустоўнік лекавы	Жеруха лекарственная
Лаганец асенні (млячай)	Кульбаба осенняя
Ладдзян трохнадрэзаны	Ладьян трехнадрезный
Лазаніца звычайная	Вербейник обыкновенный
— манетчатая (зімазелень)	— монетчатый (луговой чай)
Ландыш майскі (звычайны)	Ландыш майский (обыкновенный)
Лебяда белая (звычайная)	Марь белая (обыкновенная)
— чырвоная	— красная
Лілея царскія кучары (кучаравістая, саранка)	Лилия царские кудри (кудреватая, саранка)
Лінея паўночная	Линнея северная
Ліпа дробналістая (сэрцалістая)	Липа мелколистная (сердцелистная)
Лісахвост лугавы	Лисохвост луговой
Лістоўніца еўрапейская	Лиственница европейская
Лопух вялікі	Лопух большой
— лямцавы	— войлочный
— малы	— малый
Лотаць балотная	Калужница болотная
Лубін вузкалісты	Люпин узколистный

Лубін жоўты	Люпин желтый
— шматлісты	— многолистный
Луннік ажываючы	Лунник оживающий
Люцэрна жоўтая (серпападобная)	Люцерна желтая (серповидная)
— хмелепадобная	— хмелевидная
Лябеднік раскідзісты	Лебеда раскидистая
Ляшчына (арэшнік) звычайная	Лещина (орешник) обыкновенная
Майнік двухлісты	Майник двулистный
Малачай агародны	Молочай огородный
— глянцаваты	— глянцевитый
— санцагляд	— солнцегляд
Маліна звычайная (чырвоная)	Малина обыкновенная (красная)
— прыземістая (марошка)	— приземистая (морошка)
— шызая (ажына)	— сизая (ежевика)
Мальва лясная	Мальва лесная
Маннік вялікі	Манник большой
— наплыўны	— наплывающий
Мардоўнік шарагаловы	Мордовник шароголовый
Маркоўнік лясны	Купырь лесной
Марошка	Морошка
Маруна (павіліца) мяккая	Подмаренник мягкий
— сапраўдная	— настоящий
— учэпістая	— цепкий
Мацярдушка звычайная	Душица обыкновенная
Медуніца, *гл.* Шчамяліца	
Метлюжок лугавы	Мятлик луговой
Мінушкі чарговалістыя	Селезеночник очереднолистный
Міцэліс сцянны	Мицелис стенной
Морква дзікая	Морковь дикая
Мудранка чатырохлістая	Вороний глаз четырехлистный
Мурожніца, *гл.* Аўсяніца	
Мыльнік лекавы (сабачае мыла)	Мыльнянка лекарственная
Мята даўгалістая	Мята длиннолистная
— палявая	— полевая
— перцавая	— перечная
Мятліца гіганцкая (белая)	Полевица гигантская (белая)
— звычайная	— обыкновенная
— сабачая	— собачья
Мятлічка палявая	Метлица полевая
Мяшэй зялёны	Щетинник зеленый
— шызы	— сизый
Наготкі (календула) лекавыя	Ноготки (календула) лекарственные
Наперстаўка буйнакветная	Наперстянка крупноцветковая
— пурпуровая	— пурпурная
Наумбургія гронкакветная (кізляк)	Наумбургия кистецветная (кизляк)

Начная фіялка, *гл.* Вячорніца	
Незабудка балотная	Незабудка болотная
– дзірваністая	– дернистая
– палявая	– полевая
Нівянік звычайны (папоўнік)	Нивяник обыкновенный (поповник)
Павіліца, *гл.* Маруна	
Павітуха ільняная	Павилика льняная
– канюшынная	– клеверная
– палявая	– полевая
– чаборавая	– тимьянная
Падалешнік еўрапейскі	Копытень европейский
Падбел звычайны	Мать-и-мачеха обыкновенная
Падвей похвенны	Пушица влагалищная
– шматкаласковы	– многоколосковая
Падлеснік еўрапейскі	Подлесник европейский
Падтыннік (чыстацел) вялікі (барадаўнік)	Чистотел большой
Пад'ельнік звычайны	Подъельник обыкновенный
Пажарніца наземная	Вейник наземный
Пажытнік блакітны	Пожитник голубой
Пакрывец (анхуза) лекавы	Воловик (анхуза) лекарственный
Палушнік азёрны	Полушник озерный
Палын горкі	Полынь горькая
– звычайны (чарнобыль)	– обыкновенная (чернобыльник)
Панікніца гарадская	Гравилат городской
– рачная	– речной
Папоўнік, *гл.* Нівянік	
Паручайнік шыракалісты	Поручейник широколистный
Паручайніца вадзяная	Поручейница водяная
Парушэнец парасоністы	Зимолюбка зонтичная
Парэзнік прамежкавы	Порезник промежуточный
Парэчкі чорныя	Смородина черная
– чырвоныя	– красная
Паслён (ліснік) бульба	Паслен картофель
– салодка-горкі	– сладко-горький
– чорны	– черный
Пастарнак дзікі (лясны)	Пастернак дикий (лесной)
Паўночнік палявы	Короставник полевой
Пахучакаласнік (пахучы каласок)	Душистый колосок (пахучеколосник)
Пералеска (пячоначніца) высакародная	Перелеска (печеночница) благородная
Пералёт мнагалісты	Язвенник многолистный
Перлаўка паніклая	Перловник поникший
Першацвет (прымула) веснавы (баранчыкі, ключыкі)	Первоцвет (примула) весенний (баранчики)

Піжма звычайная (дзікая рабінка)	Пижма обыкновенная (дикая рябинка)
Пірэтрум (рамоначнік) дзявочы	Пиретрум (ромашник) девичий
— шчытковы	— щитковый
Пихта белая (еўрапейская)	Пихта белая (европейская)
Плывунец звычайны	Пузырчатка обыкновенная
— малы	— малая
Плюшчай просты	Ежеголовник простой
Пралеска двухлістая	Пролеска двулистная
— званковая	— колокольчиковая
Пралеснік шматгадовы	Пролесник многолетний
Праломнік паўночны	Проломник северный
Прымула, *гл.* Першацвет	
Птарміка храсткаватая	Птармика хрящеватая
Пузыраплоднік каліналісты	Пузыреплодник калинолистный
Пупок фарбавальны	Пупавка красильная
Пылюшнік ворлікалісты	Василистник водосборолистный
— жоўты	— желтый
— светлы	— светлый
Пырнік паўзучы	Пырей ползучий
Пярэсна (троліус) еўрапейская	Купальница (троллиус) европейская
Пячоначніца, *гл.* Пералеска	
Рабіна звычайная	Рябина обыкновенная
Рабінія ілжэакацыя (белая акацыя)	Робиния лжеакация (белая акация)
Рабіннік рабіналісты	Рябинник рябинолистный
Рагалiснiк апушчаны	Роголистник погруженный
Рагоз (пухаўка) шыракалісты	Рогоз широколистный
Рагулькі палявыя	Живокость полевая
Разак звычайны (алоэпадобны, вадзяное алоэ)	Телорез обыкновенный
Рамішыя (артылія) аднабокая	Рамишия (ортилия) однобокая
Рамонак аптэчны	Ромашка аптечная (хамомилла)
— непахучы	— непахучая
— пахучы	— пахучая
Расіца круглалістая	Росянка круглолистная
Раска маленькая	Ряска маленькая
Расходнік вялікі	Очиток большой
— едкі	— едкий
Рдзест, *гл.* Урэчнік	
Ружа карычная	Роза коричная
— сабачая (шыпшына)	— собачья (шиповник)
Рута пахучая	Рута пахучая
Рутвіца рагатая	Лядвенец рогатый
Рэпік канапляны (сядач)	Посконник конопляный
Рыжак валасісты	Рыжик волосистый
Сардэчнік пяцілопасцевы	Пустырник пятилопастной

Сасна, *гл.* Хвоя	
Сачавічнік, *гл.* Чына	
Свербігуз усходні	Свербига восточная
Светнік зязюлін (зязюлін цвет)	Горицвет кукушкин (кукушкин цвет)
Свідзіна крывава-чырвоная (кізіл чырвоны)	Свидина кроваво-красная (дерен красный)
Свінакроп (шпергель) палявы	Торица (шпергель) полевая
Свінакропнік чырвоны	Торичник красный
Свірэпа звычайная	Сурепка обыкновенная
Святаяннік плямісты	Зверобой пятнистый
– прадзіраўлены	– продырявленный
Семачок еўрапейскі	Седмичник европейский
Сівец стаячы	Белоус торчащий
Сінегаловік пласкалісты	Синеголовник плосколистный
Сінюха блакітная	Синюха голубая
Сіняк звычайны	Синяк обыкновенный
Сіт жабіны	Ситник лягушачий
– ніткападобны	– нитевидный
– разгалісты	– развесистый
– членісты	– членистый
Скочкі (гарлянка) атожылавыя	Молодило отпрысковое
Скрыпень балотны	Кипрей болотный
– вузкалісты	Иван-чай узколистный
– горны	Кипрей горный
– касматы	– мохнатый
– чатырохгранны	– четырехгранный
Сліва дамашняя (звычайная)	Слива домашняя (обыкновенная)
Сліва калючая (цёрн)	Слива колючая (терн)
– разгалістая (алыча)	– растопыренная (алыча)
Смалёўка (ласкаўка) звычайная (ляскаўка)	Смолевка обыкновенная (хлопушка)
– ліпкая	– липкая
– паніклая	– поникла
Смалянка белая	Дрема белая
Смолка ліпкая	Смолка липкая
Снітка (сыць) звычайная	Сныть обыкновенная
Сон раскрыты (сон-трава) шыракалісты	Сон раскрытый (сон-трава) широколистный
Спарыш, *гл.* Драсён	
Стакротка (маргарытка) шматгадовая	Маргаритка многолетняя
Стальнік (ваўчук) палявы	Стальник полевой
Старасцень балотны	Крестовник болотный
– звычайны	– обыкновенный
– Якава	– Якова
Страуснік (страусапёр) звычайны	Страусник обыкновенный
Стрэлкаліст звычайны	Стрелолист обыкновенный

Стрэлкі звычайныя	Пастушья сумка обыкновенная
Сумнік (залатацень) звычайны (залатая розга)	Золотарник обыкновенный (золотая розга)
Суніцы садовыя (ананасныя)	Земляника садовая (ананасная)
– лясныя	– лесная
– мускусныя (клубніцы)	– мускусная (клубника)
Сусак парасоністы	Сусак зонтичный
Сушаніца багнавая	Сушеница топяная (болотная)
Сыць, *гл.* Снітка	
Таемнік лускаваты	Петров крест чешуйчатый
Тайнік яйцападобны	Тайник яйцевидный
Талакнянка звычайная (мядзведжае вушка, мядзведжая ягада)	Толокнянка обыкновенная (медвежье ушко, медвежья ягода)
Таполя белая (серабрыстая)	Тополь белый (серебристый)
– дрыжачая (асіна)	– дрожащий (осина)
– чорная (ясакар)	– черный (осокорь)
Трыснёг звычайны	Тростник обыкновенный
Трыпутнік вялікі	Подорожник большой
– ланцэталісты	– ланцетолистный
– сярэдні	– средний
Туя заходняя (дрэва жыцця)	Туя западная (дерево жизни)
Увярэднік балотны	Мытник болотный
Уман звычайны	Блошница обыкновенная
Урэчнік (рдзест) бліскучы	Рдест блестящий
– кучаравы	– курчавый
– найдаўжэйшы	– длиннейший
– плывучы	– плавающий
– пранізаналісты	– пронзеннолистный
– сплюшчаны	– сплюснутый
Фіялка духмяная	Фиалка душистая
– сабачая	– собачья
– трохколерная (браткі)	– трехцветная (анютины глазки)
Хацьма турынгенская (сабачая ружа)	Хатьма тюрингенская (собачья роза)
Хвошч балотны	Хвощ болотный
– вялікі	– большой
– зімуючы	– зимующий
– лясны	– лесной
– палявы	– полевой
– прырэчны	– приречный
Хвоя (сасна) звычайная	Сосна обыкновенная
Хмель звычайны	Хмель обыкновенный
Хрэн звычайны	Хрен обыкновенный

Цвінтарэй парасоністы	Золототысячник зонтичный
Цёрн, *гл.* Сліва	
Цімафееўка (жыцец) лугавая	Тимофеевка луговая
Цмен пясчаны (бяссмертнік)	Цмин песчаный (бессмертник)
Цыбуля мядзведжая (чарамша)	Лук медвежий (черемша)
Цыкорыя звычайная	Цикорий обыкновенный
Цыкута ядавітая	Вех ядовитый
Цяцюшнік кароткаваласісты	Очанка коротковолосистая
— прамастойны	— прямостоячая
Чабор звычайны (паўзучы, багародская трава)	Тимьян (чабрец) обыкновенный (ползучий, богородская травка)
— украінскі	— украинский
Чальчак вербалісты (плакун-трава)	Дербенник иволистный (плакун-трава)
Чамярыца Лобеля	Чемерица Лобеля
Чарамша, *гл.* Цыбуля	
Чарнакорань прысадзісты	Козелец приземистый
Чарніцы	Черника
Чаромха звычайная (гронкавая)	Черемуха обыкновенная (кистевая)
Чарот азёрны	Камыш озерный
— лясны	— лесной
Чароўнік двухлісты (начная фіялка)	Любка двулистная (ночная фиалка)
— зеленакветны	— зеленоцветковая
Чартапалох калючы	Чертополох колючий
Чарэшня	Черешня
Часночніца лекавая	Чесночница лекарственная
Чорнагаловік (чорнагалоў) звычайны (гарлянка)	Черноголовка обыкновенная
Чубатка высакародная	Хохлатка благородная
— жоўтая	— желтая
— шчыльная (Галера)	— плотная (Галлера)
Чылім, *гл.* Вадзяны арэх	
Чына балотная	Чина болотная
— веснавая (сачавічнік веснавы)	— весенняя (сочевичник весенний)
— гарохападобная	— гороховидная
— лясная	— лесная
— лугавая	— луговая
— пахучая (пахучы гарошак)	— душистая (душистый горошек)
Чысцік балотны	Чистец болотный
Чысцяк веснавы	Чистяк весенний
Шабельнік балотны	Сабельник болотный
Шалфей лекавы	Шалфей лекарственный
Шальнік трыпутнікавы	Частуха подорожниковая
Шлёмнік звычайны	Шлемник обыкновенный
Шпажнік (гладыёлус) чарапіцавы	Шпажник (гладиолус) черепитчатый

Шчамяліца (медуніца) няясная	Медуница неясная
— вузкалістая	— узколистная
Шчаўе звычайнае (кіслае)	Щавель обыкновенный (кислый)
Шчытоўнік мужчынскі (папараць мужчынская)	Щитовник мужской (папоротник мужской)
Шыпшына, *гл.* Ружа	
Эладэя канадская (вадзяная чума, вадзяная зараза)	Элодея канадская (водяная чума, водяная зараза)
Эспарцэт звычайны	Эспарцет обыкновенный
— пясчаны	— песчаный
Яблыня дамашняя (культурная)	Яблоня домашняя (культурная)
— лясная (дзікая)	— лесная (дикая)
Явар	Явор
Ядловец звычайны	Можжевельник обыкновенный
Язмін садовы	Чубушник (жасмин садовый)
Ясакар	Осокорь
Ясень звычайны (еўрапейскі)	Ясень обыкновенный (европейский)
Ясколка дзірваністая	Ясколка дернистая
Яснотка белая (глухая крапіва)	Яснотка белая (глухая крапива)
— пурпурная	— пурпурная
Ястрабокваласісты	Ястребинка волосистая
— дзярнінны (лугавы)	— дернистая (луговая)
— парасоністы	— зонтичная
— ранні	— ранняя
Ятрышнік абпалены	Ятрышник обожженный
— дрэмлік	— дремлик
— мужчынскі	— мужской
— шлеманосны	— шлемоносный

ПРАДМЕТНЫ ПАКАЗАЛЬНІК

Аагамія 85
Аагоніі 85
Ааміцэты 88
Ааспора 110
Аграфітацэнозы 294
Адаптацыі 7, 258
Аднагодкі 12
Аднаўленне вегетатыўнае 237
Азотабактэр 74
Акісленне 9
Аксіфотабактэрыі 77
Акуліроўка 239
Акцін 35
Алей 111, 113
Алелапатыя 286
Альгінаты 105
Альпідыум 87
Амілапласты 45, 46
Амітоз 60
Анатомія раслін 13, 27
Анафаза 59
Анафаза I 61
Анемафілія 223
Антагенез 242
Антацыяны 52
Антыподы 221, 224
Антэрыдыі 85, 110, 117, 178
Апагамія 224
Апаміксіс 224
Апарат (комплекс) Гольджы 31, 50
Апатэцыі 91
Апыленне 221
— перакрыжаванае 222
Арганагенез 252
Арганічныя рэчывы 34
Артраспоры 84
Архебактэрыі 76
Архегоніі 110, 117, 178
Археспорый 118
Арэх 230
Арэшак 230
Асектатары 300
Аскагон 86
Аскаміцэты 90
Аскаспоры 87, 92
Аскі 86
Аслізненне 57
Аспергіл 97
Астрасклерэіды 127
Асяроддзе пражывання 257
Аўксіны 243
Аўтаклавіраванне 76
Аўтатрофы 6, 8, 9
Аэрагідатафіты 272
Аэрэнхіма 130

Базідыі(я) 8, 86, 93
Базідыяміцэты 93
Бакальчыкі 94
Бактэрыі 30, 66
— воцатнакіслыя 74
— малочнакіслыя 74
— прапіёнавакіслыя 74
— пурпурныя нясерныя 72
— сапраўдныя 77
Бактэрыялогія 66
Бактэрыяфагі 80
Бактэрыяхларафіл 72
Батаніка 6, 12
Батрыціс 97
Біваленты 60
Біягеаграфія 6
Біягеацэноз 294
Біялагічныя каталізатары 34
Біялогія 6
Біясфера 6
Біятоп 295
Біяхімія 15
Біяцэноз 295
Браджэнне 9, 73, 99
— малочнакіслае 48
— спіртавое 48
Бялкі 37, 38

Вайі 156
Вакуолі 50, 52
Вакуоля цэнтральная 36
Валокны 127
Венчык 211
Вертыцыл 97
Вібрыёны 67, 69
Вівіпарыя 175
Від 65
Віроіды 82
Вірусы 79
Водарасці 20
— аднаклетачныя 103
— дыятомавыя 9
— залацістыя 9
— каланійныя 103
— мнагаклетачныя 105
— няклетачныя 105

Вузел 141
Вусікі 175, 176
Вусцевыя апараты 124
Выводкавыя пупышкі 180
Вяночак 209
Вясёлкі 94

Галагамія 102
Галафіты 282
Галаўнёвыя грыбы 95
Галінаванне бакавое 144
— верхавінкавае 144
— дыхатамічнае 144
— ілжэдыхатамічнае 145
— монападыяльнае 145
— сімпадыяльнае 145
Галоўчатая цвіль 90
Гаметагамія 85, 90
Гаметангіі 85, 178
Гаметангіягамія 86
Гаметафіт 11, 103, 117, 119, 187, 191, 195, 197, 199
Гаптанастыі 248
Гарбуз 230
Гармоны 34
Гаўсторыі 114
Геабатаніка 13
Геаграфія раслін 13, 14, 28
Геафілізацыя 269
Геафіты 292
Гелафіты 292
Геліяфіты 264
Гемікрыптафіты 291
Геміцэлюлоза 55
Ген 39
Генетыка 6, 15, 20
Генетычны код 39
Гетэрафілія 166
Гетэрацысты 79
Гіберэліны 244
Гіграфіты 272
Гідатафіты 272
Гідатоды 131
Гідрафіты 265, 272, 292
Гіменафор 94
Гіменіяльны пласт (гіменій) 70
Гінецэй 213
Гіпакатыль 236
Гіперплазія 122
Гіпертрафія 122
Гісталогія раслін 27
Гістахімія 27
Гіфы 83, 89
— гетэраталічныя 90
Гіялаплазма 34
Глеба 280
—, механічны склад 281
Глебы дзярнова-падзолістыя 280
— падзолістыя 280
— шэрыя глiністыя 281
— — лясныя 280
— — пясчаныя 281
Гліаксісомы 53
Гліколіз 48
Голанасенныя 11
Граміцыдзін 75
Граны 42
Гронка 216
Грыбніца 83
Грыбы 83
Губчатая парэнхіма 169

Дажджавікі 94
Дамавы грыб 95
Дамінанты 300
Двайное апладненне 224
Двухгодкі 12
Дзераза 190
Дзеразападобныя 11
Дзярэзы 11
Днечка 173
Драўніна 127
Дрожджы 91
Дрэва(ы) 12, 288
Дыктыясомы 50
Дынітрыфікацыя 73
Дыплакокі 68
Дыпланема 61
Дыфузія 51
Дыхазій 220
Дыягеатрапізм 246
Дыякінез 61
Дыятамін 106
Дыятаміт 106
Дэзінфекцыя 76
Дэзоксірыбоза 39
Дэйтэраміцэты 95
Дэндралогія 18
Дэрматафіты 97
Дэсматрубачкі 55
Дэструктары 296

Ёмішчы лізігенныя 131
— схізагенныя 131

Жылкаванне 157

Завязь 208

Заказнікі 309
Закон лімітаваных фактараў 261
— талерантнасці 261
Запаведнікі 309
Запасныя рэчывы 34
Зарасткі 190, 192, 195
Зародкавы мяшок 221
Зігаміцэты 89
Зіганема 60
Зігаспора 90
Зменлівасць тэмператур сутачная 305
— фітацэнозу сезонная 305
Зэатын 244
Зярняўка 231

Ізагамія 85
Ізідыі 116
Імхі 20
— лістасцяблавыя 181
— сфагнавыя 182
Інгібітары 225
Індузій 195
Інтына 211
Інтэгумент 198, 204
Інтэрфаза 57
Інфузорыі 30
Інціна 203

Каламіты 11, 191
Калена падсемядольнае 235
Каленхіма 126
Калеоптыль 236
Калюс 122
Калючкі 175
Калякветнік 208, 209
Каляплоднік 227
Камбій 122
— міжпучковы 150
— пучковы 150
Каменсалізм 285
Каноплі 32
Канідыяносцы 84
Канідыяспоры 84
Канстытуцыйныя рэчывы 34
Кансументы 296
Кан’югацыя 102
Капуліроўка 238
Каранёвая сістэма валасніковістая 133
— — стрыжнёвая 133
Каранёвы ціск 137
Карані бакавыя 132
— кантрактыльныя 270
— прыдаткавыя 132
Карацін 42, 79, 106, 113
Караціноіды 41, 72, 78, 102, 111
Каробачка 231
Карыягамія 87
Карыякінез 57
Карыялімфа 38
Карыятып 41
Карыятэка 38
Карэнішча 172
Катабаліты 34
Катак 219
Кветаложа 209
Кветаножка 209
Кветка 207, 209
Кветкавыя 11
Кладафора 105
Кладодыі 175
Клейстатэцыі 91
Клетачная абалонка 34
— — другасная 55
— — мікрафібрылы 54
— — першасная 54
Клетачная тэорыя 14, 30, 31
Клетка 8, 29
Клеткі замыкальныя 124
— ініцыяльныя 120
— камяністыя 127
— парэнхімныя 32, 33
— празенхімныя 32, 33
— эўкарыятычныя 9
Клон 236, 237
Клубень 173
Клубнецыбуліна 174
Кокі 67
Колас 216
Конус нарастання 122
Корак 30, 124
Корань галоўны 132
Корка 126
Крапіва 32
Красінговер 60
Крухмал багранкавы 113
Крылатка 231
Крыптафіты 291
Крысты 47
Ксантафіл 41, 79, 106, 113
Ксерафіты 265, 275
Кустоўе 12, 288
Кусцікі 289
Кутыкула 56
Кутынізацыя 56
Кушчэнне 147

Ламінарын 111
Латэкс 130
Лейкапласты 31, 41, 45, 46
Лептанема 60
Лесаводства 15
Лён 32
Лібрыформ 127
Лігнін 56
Лігула 157, 187
Ліпіды 36
Ліставая падушачка 248
— пазуха 142
Ліставы рубец 173
Лістапад 171
Лістаразмяшчэнне 167
Лістоўка 231
Лісце верхавінкавае 166
— дарзавентральнае 170
— ізалатэральнае 170
— нізавое 165
— пасярэдняе 166
Ліхеналогія 20
Лішаі гамеамерныя 114
Ліяны 290
Луб 127, 129
— мяккі 153
— цвёрды 153
Лускавінка насенная 201

Мазаіка ліставая 263
Мазаічнасць 304
Макрарэльеф 284
Макраспарагенез 221
Макраспарангіі 119
Макраспарангій 201
Макраспарафілы 212
Манахазій 220
Маніт 111
Маршанцыя 180
Матрыкс (строма) пластыды 41, 42
Мегарэльеф 283
Меёз 60, 61
Мезарэльеф 284
Мезасомы 69
Мезафіл 168, 200
Мезафіты 276
Мембраны 31, 36
Мерыкарпії 231
Мерыстэма апікальная 120
— бакавая 122
— ранавая 122
— ўставачная 122
Метамарфоз(ы) 139, 172
Метамер 141
Метафаза 58
Метафаза I 61
Міжвузелле 141
Міжклетнікі 34
Міжплоднік 227
Мікалогія 6, 22
Мікарыза 98
Мікрарэльеф 284
Мікраспарагенез 220
Мікраспарангіі 119
Мікраспарафілы 211
Мікратрубачкі 34
Мікрафіламенты 34
Мікрацельцы 53
Мікрацэнозы 305
Мікропіле 198, 201
Мінералізацыя 57
Мітатычны цыкл 57
Мітахондрыі 31, 34, 47
Мітоз 57
Міцэлій 83
— клетачны 83
— няклетачны 84
Млечнікі 130
Мнагагодкі 12
Многаарэшак 232
Монакарпікі 253
Мукор 89
Мурэін 69
Мутуалізм 285
Мухаморавыя 94
Мяцёлка 219

Нанарэльеф 284
Нарастанне монападыяльнае 144
— сімпадыяльнае 144
Насенне 11, 208
Насціі 246
Насычанасць відавая 299
Нектарнікі 131
Нікацін 52
Нітрабактэр 73
Нітрафілы 283
Нітрыфікацыя 73
Нуклеапратэіды 38
Нуклеасомы 40
Нуклеінавыя кіслоты 39
Нуцэлус 198

Осмас 51

Пазаплоднік 227
Паказчыкі гідраметэаралагічныя 255

Пакрытанасенныя 11
Палачкі 67, 68
Палеабатаніка 13, 27
Палі сітападобныя 129
Памяранец 230
Папараці 11
– разнаспоравыя 195
– раўнаспоравыя 195
Папуляцыя 299
– інвазійная 299
– нармальная 300
– рэгрэсіўная 299
Паразітызм 285
Парасткі пнёвыя 144
Парафізы 90
Паркі нацыянальныя 309
Пароды 66
Партэнагенез 224
Парэнхіма 130
– палісадная 169
Пастэрызацыя 76
Паўкустоўе 289
Пахінема 60
Пачкаванне 84
Паяскі Каспары 136
Пекцінавыя рэчывы 54
Пеніцыл 96
Пераксісомы 53
Перфарацыі 128, 129
Перыдэрма 124, 151
Перыкарпій 227
Перысперм 227
Перыстом 181
Перытэцыі 91, 92
Перыцыкл 150
Песцік 207, 208, 213
Пілі 70
Пірэноіды 103, 111
Пладаводства 15
Пладовае цела 93
Пладушкі 142
Плады апакарпныя 227
– арэхападобныя 230
– дробныя 231
– касцянкападобныя 230
– сакавітыя 228
– сухія 230
– цэнакарпныя 228
– членістыя 232
– ягадападобныя 230
Плазмадэсмы 49, 55
Плазмалема 38
Пласт ганідыйны 114
Пластыды 34, 41
Плацэнтацыя 214
Плеяхазій 220
Плод 208
Полікарпікі 253
Полісомы 50
Поліэмбрыянія 224
Пояснасць 271
Правадны(я) пучок (пучкі) амфівазальны 149
– – амфікрыбральны 149
– – бікалатэральныя 149
– – калатэральныя 149
– – канцэнтрычны 149
– –, крухмаланосная похва 149
Правіла мінімуму 261
Прадуцэнты 296
Пракамбій 122
Пратадэрма 122
Пратанема 181
Пратапласт 34
Прафаза 58
Прафаза II 61
Прафаза I 60
Прынцып камплементарнасці 39
Прырода жывая 6
– нежывая 6
Прышчэпа 238
Прышчэпак 238
Прышчэпка 238
Псамафіты 281
Псеўдаміцэлій 84
Пупышкі ахаваныя 142
– вывадкавыя 144
– голыя 142
– калатэральныя 143
– пазушныя 142
– прыдаткавыя 143
– серыяльныя 142
– спячыя 142
Пылкаўваход 198, 201
Пылковая трубка 224
Пылковае зерне 203
Пылковыя мяшочкі 203
Пылок 208
Пячоначнікі 180

Радыебіялогія 14, 16
Развіццё 242
Размнажэнне бясполае 102
– вегетатыўнае 102
– палавое 102
– спаравае 102
Разналістасць 166
Раскладвальнікі 296

Расліны аднагадовыя 253, 289
— аднадомныя 214
— алігатрофныя 282
— двухгадовыя 253, 289
— двухдомныя 214
— кальцыяфільныя 283
— мнагадомныя 215
— многагадовыя 253
— — травяністыя 289
— падушкі 289
— сасудзістыя 11, 21
— светлавыя 264
— ценявыя 264
— эўтрофныя 282
Раструб 157
Ржаўныя грыбы 95
РНК інфармацыйная 39
— рыбасомная 39
— транспартная 39
Рост 242
Рубчык 214
Рух бактэрый 70
— гіялаплазмы кругавы 35
— — струменісты 35
Рыбасомы 31, 39, 49
Рыбоза 39
Рызадэрма 135
Рыніяфіты 11
Рытыдом 126
Рэдукцыйны падзел 60
Рэдуцэнты 71, 97, 296
Рэкамбінацыя генетычная 71
Рэплікацыя ДНК 39

Садоўніцтва 15
Самаапыленне 221
Саматагамія 86
Сапрабіёнты 71
Сапралегнія 88
Сарцыны 68
Сарэдыі 115
Састаў відавы 298
Сачыўкі 125
Сейсманастыі 248
Селекцыя 18, 20
Семядолі 225, 226
Семязачатак 201
Серабактэрыі зялёныя 72
— пурпурныя 72
Сімбіёз 98, 285
Сімбіёнты 71
Сінгенез 307
Сінергіды 221, 224
Сінузіі 305
Сінхітрыум 87
Сістэматыка 63
— раслін 27
Сістэмы натуральныя 64
— філагенетычныя 64
— штучныя 12, 63
Склероцыі 92
Склерэіды 127
Склерэнхіма 127
Слаявішча 101, 110–112, 114
Сорт 65
Сорусы 195
Спарагон 119
Спарангіі 118
Спарангіяносцы 84, 89, 90
Спарангіяспоры 84, 90
Спарафілы 190, 192
Спарафіт 11, 103, 117, 118, 119, 187, 190, 195
Спарынння 92
Сперматазоіды 30, 117
Спермії 117, 224
Спірагіра 105
Спірахеты 68
Спірылы 67, 68
Сталон 173, 175
Стамінодыі 212
Стафілакокі 68
Стратыфікацыя 236
Стробілы 187, 192, 201
Струк 231
Структура сцябла непучковая 153
— — пераходная 152
— — пучковая 152
Стручок 231
Стручочак 231
Стрэптакокі 68
Стыгма 102
Стэнабіёнты 260
Стэрыгмы 97
Стэрылізацыя 76
Суквецці 215
Сукуленты 290
Сукцэсіі 306
Сферасомы 31
Сцыяфіты 264
Сямянка 231

Таксісы 246
Талом 101, 102
— амебоідны 101
— какоідны 101
— манадны 101

Талом ніткаваты 101
— пальмелоідны 101
— пласцністы 101
— сіфанальны 102
— харафітны 102
Танапласт 38, 50, 51
Тканка асіміляцыйная 130
Тканкі мерыстэматычныя 120
— механічныя 126
— покрыўныя 123
— праводныя 127
Торф 184, 185
Травы 12
Транскрыпцыя 39
Трансляцыя 39
Транспірацыя 155
Трапізмы 245
Трахеі 208
Трахеіды 128
Трыхадэсмум 78
Тубулін 35
Тургор 51, 52
Тургорны ціск 52
Тыгматрапізмы 246
Тылакоіды (ламелы) 42
Тычынкі 208
Тэлафаза 59
Тэлафаза I 61
Тэлом 186
Тэрафіты 292
Тэрманастыі 247
Тэрмаперыядызм 249
Тэрматрапізмы 246
Тэрмафіты 265

Умовы існавання 258
Унутрыплоднік 227
Утваральнікі 296

Фазы феналагічныя 254
Фактары абіятычныя 258
— антрапічныя 259
— араграфічныя 259
— біятычныя 258
— гідралагічныя 258
— кліматычныя 258
— эдафічныя 258
— экалагічныя 258
Фанерафіты 290
Фелаген 124
Феладэрма 124, 126
Фелема 124
Феналогія 254
Фізіялогія раслін 13, 15, 27
Фізіянамічнасць 306
Фікабіліны 78
Фікацыян 72, 113
Фікацыяніны 102
Фікаэрытрын 72, 102, 113
Філакладыі 175
Філодыі 187
Фімбрыі 70
Фітаасяроддзе 294
Фітанцыды 286
Фітапатагены 98
Фітафтора 88
Фітацэналогія 15, 27
Фітацэноз 27, 293, 295
Флаэма 129
Флюктуацыя 306
Фотанастыі 247
Фотаперыядызм 267
Фотасінтэз 42, 44, 72
—, светлавая фаза 43
—, цемнавая фаза 44
Фотатрапізм 245
Фрага 232
Фузарыум 97
Фукаксанцін 102, 111

Хазмафіты 281
Хамефіты 290
Хара 105
Хваёвыя 11
Хвашчы 11
Хвошч 192
Хемааўтатрофы 73
Хематрапізм 246
Хітрыдыяміцэты 87
Хламідаспоры 84
Хларапласты 31, 41, 42, 44, 46, 111
Хларафіл 41, 44, 79, 102, 106, 111, 113
Хларэнхіма 130
Хлораксібактэрыі 79
Храмапласты 31, 41, 46
Храмасомы 7, 40
Храматыды 40
Храмацін 39, 40

Цыбуліна 173
Цынародый 232
Цытакініны 244
Цытаплазма 34
Цыянабактэрыі 6, 78
Цэнапапуляцыя 299

Цэнаэлементы 301
Цэнтрамера 40

Чаранок 238
Чашачка 209

Шкала ценевыносливасці 263
Штамы 66
Шышкі жаночыя 201

Эвалюцыйнае вучэнне 6, 14
Эвалюцыйная анатомія 14
– марфалогія 14
Эдыфікатары 300
Экалагічныя фактары антрапічныя 287
– – арагpафічныя 283
– – біятычныя 284
– – эдафічныя 280
Экалогія 6, 13, 15, 16, 20, 28, 257, 258
Экасістэма 294
Экзагенез 307
Экзадэрма 135
Экзіна 203, 211
Экскрэторныя рэчывы 34

Элатэры 192
Энацыі 187
Эндагенез 307
Эндаплазматычны рэтыкулум 49
– – гладкі (агранулярны) 49
– – шурпаты (гранулярны) 49
Эндасперм 202, 204, 224, 226
Энзімалогія глебавая 22
Энтамафілія 222
Эпіблема 122, 135
Эпідэрміс 123
Эпіфіты 285
Эргастычныя рэчывы 34, 53
Эрытрацыты 30
Этыяляванне 249
Эўрыбіёнты 260
Эфемеры 253

Ягада 230
Ядзерка 39, 40
Ядзерная абалонка 9
Ядро 30, 34, 38
Яйцаклетка 117
Яравізацыя 252
Ярус 301

ЗМЕСТ

АД АЎТАРА 3

УВОДЗІНЫ 5

Кароткая гісторыя развіцця батанікі 12

Батанічныя даследаванні на Беларусі 16

Раздзелы батанікі 27

КЛЕТКА – СТРУКТУРНАЯ І ФУНКЦЫЯНАЛЬНАЯ АДЗІНКА ЖЫВЫХ АРГАНІЗМАЎ 29

Гісторыя вывучэння клеткі 29

Разнастайнасць клетак 32

Хімічны склад 34

Будова клеткі раслін 34

Клетачная абалонка 54

Падзел клеткі 57

РАЗНАСТАЙНАСЦЬ ЖЫВЫХ АРГАНІЗМАЎ 63

Бактэрыі 66

Вірусы 79

Грыбы 83

Хітрыдыяміцэты 87

Ааміцэты 88

Зігаміцэты 89

Аскаміцэты 90

Базідыяміцэты 93

Дэйтэраміцэты 95

Значэнне грыбоў у прыродзе і жыцці чалавека 97

РАСЛІНЫ 100

Водарасці 101

Дыятомавыя водарасці 106

Зялёныя водарасці 108

Харавыя водарасці 110

Бурыя водарасці 111

Чырвоныя водарасці 112

Лішаі 113

Вышэйшыя расліны 116

Раслінныя тканкі 119

Вегетатыўныя органы 131

Корань 132

Парастак 141

Сцябло 147

Ліст 156
Метамарфозы парастка, сцябла і ліста 172
Мохападобныя 177
Рыніяфіты 185
Дзеразападобныя 186
Хвошчападобныя 191
Папарацепадобныя 194
Насенныя расліны 198
Голанасенныя 199
Кветкавыя, або пакрытанасенныя 207
Кветка і суквецце 209
Спарагенез і гаметагенез 220
Апыленне і апладненне 221
Насенне і плады 224
Прарастанне сямян і фарміраванне парасткаў 233
Вегетатыўнае размнажэнне 236
Класіфікацыя 239
Рост і развіццё раслін 242
Рост раслін 243
Рух раслін 245
Індывідуальнае развіццё раслін 251
Феналагічныя назіранні 253
АСНОВЫ ЭКАЛОГІІ 257
Узаемасувязь жывых арганізмаў з навакольным асяроддзем. Экалагічныя фактары 257
Кліматычныя фактары 262
Эдафічныя фактары 280
Араграфічныя фактары 283
Біятычныя фактары 284
Антрапічныя фактары 287
Жыццёвыя формы 288
Фітацэноз як элемент біягеацэнозаў 292
Ахова раслін 308
Літаратура 314
Кароткі беларуска-рускі слоўнік назваў раслін, пашыраных на Беларусі 315
Прадметны паказальнік 329

Вучэбнае выданне

Лісаў Мікалай Дзмітрыевіч

БАТАНІКА З АСНОВАМІ ЭКАЛОГІІ

Рэдактар *Л. В. Руткоўская*
Мастацкі рэдактар *В. А. Ярашэвіч*
Тэхнічны рэдактар *Л. І. Счыслёнак*
Карэктар *В. В. Няверка*
Камп'ютэрная вёрстка *Н. А. Лебядзевіч*
Аператар *С. В. Шнэйдэр*

Падпісана да друку з арыгінала-макета выдавецтва «Вышэйшая школа» 13.05.98. Фармат 60 × 90/16. Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Аўсетны друк. Умоўн. друк. арк. 21,25. Ул.-выд. арк. 20,95. Тыраж 2000 экз. Заказ 5222.

ДП «Выдавецтва "Вышэйшая школа"». Ліцэнзія ЛВ № 5 ад 22.12.97. 220048, Мінск, праспект Машэрава, 11.

Друкарня «Перамога». 222310, г. Маладзечна, вул. Таўлая, 11.

У выдавецтве *“Вышэйшая школа”*

- ✓ заўсёды ў продажы больш за 100 назваў кніг
- ✓ буйны і дробны опт
- ✓ даступныя цэны
- ✓ безнаяўны разлік

Адрас выдавецтва:

Праспект Машэрава, 11
220048, г. Мінск

Аддзел маркетынгу і рэкламы:

Тэл.: (017) 223-67-38, 223-99-35
Факс: (017) 223-29-12, 223-54-15

Вам заўсёды рады ў фірменным магазіне выдавецтва “Вышэйшая школа”!

Кошт нашых кніг Вас прыемна здзівіць – ён самы нізкі ў рэспубліцы!
Шырокі асартымент кніжнай прадукцыі задаволіць самага патрабавальнага чытача!

Адрас магазіна:

Праспект Машэрава, 51, к. 1

г. Мінск
Тэл.: (017) 223-47-54, 223-90-55

38600z